

ACUERDO SOBRE EL PROGRAMA INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS DELFINES

30ª REUNIÓN DE LAS PARTES

La Jolla, California (EE.UU.)
26 de octubre de 2014

DOCUMENTO MOP-30 INF-A

OPCIONES PARA LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LAS POBLACIONES DE DELFINES EN EL OCÉANO PACÍFICO ORIENTAL

1. ANTECEDENTES

Históricamente se ha dado seguimiento a la condición de las poblaciones de delfines en el Océano Pacífico oriental (OPO) usando modelos de dinámica poblacional (Gerrodette y Forcada 2005, Reilly *et al.* 2005, CIAT 2006; Wade *et al.* 2007, Gerrodette *et al.* 2008), y se usan las estimaciones de abundancia de estos modelos para establecer los límites anuales de mortalidad de delfines por población para la pesquería de cerco (CIAT 2006). Los modelos de dinámica poblacional precisan índices de abundancia que, en el caso de los delfines del OPO, han sido desarrollados a partir de datos de pesca y de datos independientes de la pesca. Entre mediados de los años 1970 y fines de los 1990 se estimaron tendencias de la abundancia a partir de datos de observadores en buques cerqueros (Buckland y Anganuzzi 1988; Anganuzzi y Buckland 1989; Buckland *et al.* 1992), pero se abandonó esta estimación de tendencias en 2000 a raíz de preocupaciones acerca de cambios en el comportamiento de búsqueda de los buques a lo largo del tiempo (Lennert-Cody *et al.* 2001), y se han planteado preocupaciones adicionales relacionadas con problemas potenciales asociados con las búsquedas no aleatorias (Lennert-Cody y Maunder 2014) y el tamaño de manada (Ward 2005). Se está realizando un análisis de los datos de los observadores en buques cerqueros en preparación para discusión en la reunión del Comité Científico Asesor de la CIAT en 2015, pero parece actualmente dudoso que se pueda usar índices de abundancia relativa de delfines elaborados a partir de los datos de observadores para dar un seguimiento fiable a las tendencias de la abundancia. Entre 1979 y 2006, el Servicio Nacional de Pesquerías Marinas (NMFS) de EE.UU. realizó estudios periódicos independientes de la pesca en el OPO con el propósito de estimar la abundancia absoluta de los delfines (Gerrodette *et al.* 2008, y sus referencias). Han pasado ahora siete años desde el último estudio de NMFS, y la situación con respecto estudios futuros es incierta. Por lo tanto, en la actualidad, no existe una fuente fiable de datos con los que realizar un modelado de dinámica poblacional o evaluar la condición de las poblaciones de delfines del OPO.

En respuesta a una solicitud en la 29ª Reunión de las Partes, este documento presenta un resumen preliminar de varias opciones para evaluar la condición de las poblaciones de delfines, concretamente: 1) actualizar la serie de tiempo histórica de estudios de NMFS usando buques de investigación, 2) establecer un programa internacional de estudio usando buques de cerco como plataformas de estudio, y 3) usar alternativas a los estudios de transectos lineales, tales como marcado y recaptura, genética, y ciclo vital.

2. ACTUALIZAR LA SERIE DE TIEMPO DE NMFS CON ESTUDIOS EN BUQUES DE INVESTIGACIÓN

2.1. Metodología del estudio más reciente

La metodología usada en el estudio más reciente de NMFS¹, resumida a continuación, es descrita en Gerrodette *et al.* (2008), cuya sección de métodos de campo se reproduce en el [Anexo A](#). El área del estudio ([Anexo A, Figura 1](#)) cubrió gran parte del OPO tropical, con énfasis en una subregión núcleo ocupada por la población nororiental del delfín manchado de alta mar (*Stenella attenuata*) y el delfín tornillo oriental (*Stenella longirostris orientalis*), las dos poblaciones más involucradas en la pesquería de

¹ [Instrucciones de crucero David Starr Jordan](#) e [Instrucciones de crucero McArthur II](#); NMFS, 2006

cercos. Dos buques de investigación realizaron el estudio durante un periodo continuo de cuatro meses entre fines de julio y principios de diciembre en 2006, cuando buscaron activamente más de 21,000 km ([Anexo A, Tabla 1](#)). En ambos buques se siguió un estricto protocolo de muestreo. Cada buque llevaba un equipo de búsqueda de siete personas, integrado por un coordinador científico y dos equipos de tres observadores, con gran pericia y experiencia en la observación e identificación de especies de mamíferos marinos. Los equipos buscaron en turnos de dos horas durante el día, usando dos binoculares de 25X montados en pedestales y dotados de aros de acimut y retículos, y un binocular de mano. Se ingresaron los datos de cada avistamiento (ángulos, especie de delfín, y tamaño de manada) en tiempo real en una base de datos electrónica individualizada, con la posición registrada automáticamente del sistema de posicionamiento global (GPS) del buque. Las estimaciones de abundancia se basaron en avistamientos y esfuerzo de búsqueda durante horas diurnas con estado de mar Beaufort bajo (≤ 5) y buena visibilidad (≥ 4 km). Las estimaciones de los observadores del tamaño de las manadas de delfines fueron calibradas individualmente usando datos de fotogrametría aérea tomados con un helicóptero llevado a bordo de uno de los buques durante los cuatro meses enteros, o en un crucero de calibración separado de aproximadamente una semana de duración con ambos buques, realizado en conjunto con un avión dotado de equipo fotográfico. Se computaron las estimaciones de abundancia usando la metodología de transectos lineales, con consideración especial de la estandarización de los parámetros de los transectos lineales para distintas condiciones de estudio (por ejemplo, estado del mar, altura de las olas, hora del día), distintas características de la plataforma de estudio (distintas características del buque de investigación), y el método de avistamiento (tipo de binocular), entre otros factores.

2.2. Costos del estudio

En 2013, NMFS estimó los costos de un estudio², usando buques de investigación operados por la Administración Nacional Oceanográfica y Atmosférica (NOAA) de EE.UU., en US\$ 5.97 millones (en dólares de 2012), lo cual no incluye otros costos asociados tales como apoyo logístico en tierra, y el procesamiento y análisis de los datos¹.

El costo más importante es el buque de investigación. El costo diario estimado de cada buque de investigación de NOAA en 2013 (incluida la tripulación) fue US\$ 15,000, o US\$ 4.35 millones para un estudio de 240 días de mar de duración con dos buques (incluye 25 días en puerto para cada buque). Sin embargo, la disponibilidad de los buques de investigación de NOAA ha sido un obstáculo importante en la planificación de estudios adicionales desde 2007, por lo que se debería considerar el uso de otras plataformas. Una opción sería fletar buques de investigación de otras fuentes: por ejemplo, el *Ocean Starr* (antes *David Starr Jordan*), usado en cruceros previos de investigación de delfines, está ahora en manos privadas, y podría ser fletado por aproximadamente US\$ 18,500 por día. El costo total de los buques aumentaría entonces a US\$ 5.37 millones.

Las operaciones científicas responden de los US\$ 1.6 millones restantes. De éstos, US\$ 1.1 millones representan costos relacionados directamente con la estimación de la abundancia de los delfines. Algunos de los proyectos realizados durante el estudio de 2006 no fueron integrales a la producción de estimaciones de abundancia de delfines a partir de los datos de transectos lineales: específicamente, el muestreo acústico de cetáceos (US\$ 122,000) y el muestreo ecosistémico (US\$ 389,000). Cabe señalar, sin embargo, que la mejor forma de interpretar las estimaciones de abundancia es en un contexto ecosistémico, para poder separar la variabilidad ambiental en cualquier año de estudio dado de las tendencias a largo plazo de las poblaciones. Por este motivo, se recomienda cierto grado de muestreo ecosistémico.

3. Algunas CONSIDERACIONES importantes

3.1. Disponibilidad de buques de investigación

Tal como se comentó anteriormente, uno de los dos buques de investigación usados previamente por NMFS (*David Starr Jordan*) sigue en operación, pero está ahora en manos privadas. No se sabe si el otro buque (*McArthur II*) está en operación. No se ha usado ningún otro buque de investigación de

² [Estudios de evaluación de cetáceos y ecosistema en el Pacífico Oriental Tropical: resumen y costos](#)

NOAA para estudios de mamíferos marinos en el OPO, y sería probablemente necesarias planificación, pruebas, y calibración adicionales antes de su uso en cualquier estudio.

3.2. Estandarización por diferencias en plataformas de estudio, equipo y condiciones ambientales

Diferencias en los buques y/o la configuración del equipo de estudio a bordo de cada buque (altura de los binoculares sobre el agua, por ejemplo), las características del equipo de estudio (potencia de los binoculares, por ejemplo) y las condiciones ambientales (estado del mar, etcétera), pueden todas afectar las estimaciones de abundancia resultantes. Modelar y estandarizar por los efectos de estos distintos factores precisa suficientes datos de avistamientos. Son necesarios aproximadamente 60-100 avistamientos para poder modelar los efectos covariables sobre los parámetros de los transectos lineales. Para poner este número en contexto, durante el estudio de NMFS de cuatro meses en 2006 hubo un total de 134 avistamientos de delfines manchados de alta mar y 68 avistamientos de delfines tornillo oriental ([Anexo A, Tabla 1](#)). O sea, el tamaño de muestra necesario para ajustar por diferencias entre buques, temporadas, condiciones meteorológicas, etcétera, es considerable, aunque en algunas instancias se podría agrupar los datos de varias especies. Esto es particularmente importante con respecto al diseño del estudio, para buques de investigación o buques atuneros (ver más adelante), porque implica que se debería usar menos buques durante periodos de tiempo más largos, en lugar de más buques, cada uno durante un periodo corto solamente.

3.3. Calibración del tamaño de manadas

Estimar con precisión el número de delfines en una manada es difícil, y por lo tanto, calibrar las estimaciones de los observadores del tamaño de las manadas es crítico para mejorar la exactitud de las estimaciones de abundancia. La corrección por calibración puede ejercer un efecto fuerte sobre las estimaciones de abundancia (Gerrodette *et al.* 2008), por lo que constituye un componente importante de la toma de datos en los estudios. Los datos usados para calibrar las estimaciones del tamaño de las manadas son tomados en cruceros de calibración designados, en los que participan el buque y una aeronave, realizados típicamente en zonas de alta densidad de delfines (para incrementar las tasas de avistamiento) y durante condiciones meteorológicas favorables. Se comparan las estimaciones de los observadores en los buques con las estimaciones de fotogrametría aérea para corregir por la tendencia de observadores individuales de subestimar o sobreestimar el tamaño de las manadas de delfines. Las estimaciones del tamaño medio de las manadas de los observadores en los buques atuneros son 4-5 veces mayores que aquellas de los buques de investigación (Ward 2005), por lo que la calibración de las estimaciones podría ser particularmente importante si se usan buques y observadores atuneros para el estudio (ver más adelante).

3.4. Zona y periodo del estudio

El estudio de NMFS fue diseñado para producir información sobre la condición de varias especies de delfines. Si se diseñara un nuevo estudio con la meta de enfocar solamente en estimaciones de abundancia de los delfines manchado de alta mar nororiental y tornillo oriental, el diseño del estudio podría incluir una redefinición de la zona de estudio. Por ejemplo, el esfuerzo de búsqueda al extremo occidental y sur de la zona núcleo del delfín manchado de alta mar nororiental ([Anexo A, Figura 1](#)) podría ser redistribuido en una zona alrededor de esa zona núcleo y/o dentro de la misma zona núcleo. Esta modificación podría mejorar la precisión de las estimaciones de abundancia de las principales poblaciones de interés. Además, se podría considerar que estudios afuera del periodo de julio-diciembre incrementan el esfuerzo (y por ende mejoran la precisión), pero condiciones malas para el estudio causadas por el tiempo (por ejemplo, número alto de Beaufort) en otras temporadas del año podrían ser problemáticas. Al fin de cuentas, el diseño experimental de un nuevo estudio debería incluir consultas entre NMFS, el personal de la CIAT, científicos de las Partes del APICD, y otros expertos.

3.5. Apoyo logístico en tierra

Los estudios requieren un número de personas para preparar, embalar, cargar, e instalar el equipo a bordo de los buques de investigación. Además, es necesario obtener permisos de los países coseros para realizar el estudio en sus aguas. En estudios pasados, NMFS inició el proceso de permiso con entre nueve meses y un año de antelación, y dependió de más de una docena de personas para el apoyo logístico en tierra, con un costo estimado de US\$ 700,000 por estudio. Con su personal actual, la CIAT no estaría en condiciones de brindar este nivel de apoyo logístico y al mismo tiempo cumplir sus otras obligaciones.

3.6. Análisis de datos

La estimación de la abundancia de cualquier estudio nuevo debería ser un esfuerzo colaborativo entre científicos de la CIAT, NMFS, y otras partes interesadas.

4. ESTUDIOS DE TRANSECTOS LINEALES USANDO BUQUES DE CERCO

4.1. Costos del estudio

La posibilidad de usar buques cerqueros grandes de la flota atunera internacional como plataformas de estudio para realizar estudios de transectos lineales de delfines fue discutida en la 29ª Reunión de las Partes. No queda claro que esta opción sea efectiva en cuanto a costo: la información limitada disponible sugiere que los costos de operación de un buque de cerco de clase 6 son similares a, o posiblemente mayores que, un buque de investigación. Los costos exactos dependerán del tamaño y edad del buque, de los costos, que varían según el país, de combustible y seguros, y de los costos del helicóptero (en buques con helicóptero). Por ejemplo, se estima que un cerquero grande podría costar entre unos US\$ 15,500 y 25,200 por día. Ya que los buques necesitarían seguir protocolos estrictos de estudio y rumbos predeterminados, no existirían oportunidades de compensar los costos del buque con actividades de pesca atunera.

Antes de poder realizar estudios con buques atuneros, serían necesarias una o más reuniones para desarrollar un diseño y protocolos para el estudio, y un plan de apoyo logístico. Serían necesarias reuniones adicionales para planear y realizar análisis de los datos. Estas reuniones deberían incluir personal de NMFS y de la CIAT, y científicos de otras partes interesadas.

4.2. Realizar estudios durante vedas de la pesquería

Sin un análisis exhaustivo de las opciones del estudio, no queda claro si los estudios realizados solamente durante una veda de la pesquería producirían una cantidad de avistamientos por buque suficiente para posibilitar una estandarización de las diferencias entre los buques. Se obtuvieron unos 200 avistamientos de delfines manchado de alta mar y tornillo oriental del estudio de NMFS en 2006, con dos buques de investigación operando durante cuatro meses (Tabla A1), lo cual, suponiendo ninguna otra diferencia, es como máximo dos veces el número de avistamientos por buque recomendado para poder estandarizar por diferencias en las características de las plataformas de estudio y las condiciones ambientales (ver sección anterior). Esto sugiere que quizás 3 o 4 buques operando menos de cuatro meses podría ser factible, pero queda lejos de seguro sin un análisis detallado de la variabilidad del estudio previo. De todos modos, si se usara un gran número de buques cerqueros por periodos cortos durante una veda, es poco probable que el número de avistamientos por buque sería suficiente para posibilitar una estandarización por diferencias entre buques, y estas diferencias resultarían en una mayor incertidumbre en las estimaciones de abundancia.

4.3. Abundancia absoluta y relativa

Otra consideración importante es si los índices de abundancia de delfines basados en estudios en buques cerqueros deberían ser autónomos o si se podrían usar para extender las estimaciones de los estudios previos en buques de investigación. Los estudios de NMFS fueron diseñados para estimar la abundancia absoluta. En principio, si el sesgo es bajo, pueden ser comparados con cualquier otra estimación de abundancia de sesgo bajo, tomando la incertidumbre de la estimación en consideración. Esto posee la ventaja de que un método nuevo para estimar la abundancia absoluta no necesita seguir el mismo protocolo, sino solamente ser una estimación de la abundancia absoluta de sesgo bajo, y preferiblemente varianza baja. Sin embargo, si las estimaciones están sesgadas en el sentido que brindan información sobre la abundancia relativa solamente, entonces se debería o usar el mismo protocolo o realizar alguna forma de calibración (estandarización). Es importante señalar que si los dos tipos de estudio (buque de investigación y atunero) no coinciden temporalmente, no será posible estandarizar por diferencias indirectas (o directas) en los efectos de las dos plataformas de estudio; cualquier diferencia atribuible al tipo de buque no podrá ser separada inequívocamente de cambios de en la abundancia de los delfines a lo largo del tiempo. Esto podría ser una consideración importante si, por ejemplo, las manadas de delfines respondieran de forma diferente (por ejemplo, nivel de reacción de evasión) a los buques atuneros que a los buques de investigación. Cabe también señalar que, ya que la meta principal de cualquier estudio es detectar cambios en la abundancia, y que estos cambios ocurren lentamente a lo largo

del tiempo, crear un nuevo índice de abundancia relativa no será de beneficio a corto plazo.

5. ALTERNATIVAS A ESTUDIOS DE TRANSECTOS LINEALES

5.1. Métodos de marcado y recaptura

La abundancia puede también ser estimada usando técnicas de marcado y recaptura. El marcado precisaría una captura inicial para sujetar un marco al animal, y “recapturas” visuales subsiguientes de individuales marcados por observadores. Se han realizado previamente en el OPO estudios de marcado (Scott *et al.* 1990; Scott y Chivers 2009), y mientras que se aprendió mucho acerca del comportamiento, los desplazamientos, y patrones de migración, el número de devoluciones de marcas no fue suficiente para estimar la abundancia. La metodología de marcado ha mejorado, pero son necesarias discusiones e investigaciones adicionales para determinar cómo podrían ser aplicada a gran escala a los delfines del OPO con el propósito de dar seguimiento a la abundancia. Además, existe la necesidad de estimar con exactitud el nivel de pérdida de marcas, para ayudar a determinar el tamaño de muestra necesario y para corregir por el sesgo en la estimación de la población.

El Consejo Científico Asesor (CCA) del APICD revisó en ocasión previa una propuesta ([SAB-02-08a](#)) sobre el uso potencial de transponedores de inducción pasiva (marcas PIT) para estimar el tamaño de las poblaciones. Se “marca” un animal cuando se implanta internamente una marca PIT (reduciendo así la pérdida de marcas) y se “reavista” cuando un receptor detecta la presencia de una marca PIT durante un lance cerquero. Sería necesario un taller de expertos para determinar si son factibles y prácticas las marcas PIT para estimar el tamaño de poblaciones usando métodos de marcado y recaptura.

Las técnicas genéticas de marcado y recaptura (por ejemplo, Pearse *et al.* 2001) y los métodos de « análisis de parentesco cercano » (por ejemplo, Skaug 2001; Bravington *et al.* 2014) usan información genética para estimar la abundancia. Los métodos de marcado y recaptura precisan una muestra inicial para marcar y una muestra de recaptura subsiguiente; los métodos de parentesco cercano precisan muestras de tanto adultos como juveniles, con el muestreo de juveniles independiente de aquel de los de adultos. Ambos métodos precisan la elaboración de marcadores genéticos para las especies de delfines, y precisan también análisis genéticos en el laboratorio. No se dispone actualmente de estimaciones de estos costos.

Todos estos métodos de marcado y recaptura precisarían el desarrollo de un diseño de muestreo, y algunos exigirían periodos extensos a bordo de buques atuneros de cerco, ya sea buques a los que se permitiría pescar durante periodos de veda o buques fletados para cruceros de investigación dedicados, para marcar individuos. En el caso de los métodos genéticos de marcado y recaptura, podría ser práctico tomar las muestras iniciales (de marcado) y de seguimiento (recaptura) en buques comerciales durante las operaciones normales, pero esto requeriría ayuda de la tripulación del buque y/o que los observadores realicen actividades adicionales, a costo tal vez de algunos de los datos tomados actualmente. Los costos son difíciles de estimar. A partir de la literatura sobre genética y las estimaciones de abundancia de delfines de 2006, sería necesario tomar muestras de unos 10,000 delfines manchados de alta mar nororientales durante cada fase para el estudio de marcado y recaptura; para el análisis de parentesco cercano, sería necesarias muestras de unos 6,000 animales en el primer año, pero quizá menos en los años subsiguientes. A partir del número máximo de biopsias realizadas durante los cruceros CHESS de NMFS (27 animales en un lance sobre delfines), y suponiendo un lance sobre delfines por día, el muestreo genético usando el método de parentesco cercano precisaría más de 220 días en el mar, y más para el método de marcado y recaptura. Esto es comparable con los 240 días en el mar estimados para los estudios de NMFS. En el caso de los métodos de parentesco cercano, sería quizá posible obtener muestras de animales muertos solamente, pero con el nivel actual de mortalidad anual de menos de 1,000 animales, se tardaría varios años en obtener hasta la muestra inicial.

5.2. Muestreo del ciclo vital

Se han tomado datos de ciclo vital de delfines muertos en lances cerqueros desde los años 1970: talla, sexo, órganos reproductores, contenido del estómago, dientes (para la estimación de edad), y fase de color en los delfines manchados (indicador de clase de edad). Los estudios del ciclo vital han formado el pilar central de la investigación de los delfines del OPO, y NMFS recolectó gran cantidad de datos hasta mediados de los años 1990. El muestreo del ciclo vital formó parte del mandato inicial del Consejo Científico Asesor ([Documento IRP-33-11a](#)), y en 2005 una propuesta para reanudar el muestreo por observa-

dores del APICD ([SAB-02-04](#)) fue recomendado por el Consejo ([acta de la 2ª reunión del CCA](#)), y aprobada por la [14ª Reunión de las Partes](#), pero no se ha dispuesto de los fondos necesarios.

Los resultados de los estudios del ciclo vital, tales como distribuciones de edades y tasas de crecimiento de poblaciones, pueden brindar aportes básicos para el modelado integrado de poblaciones (ver próxima sección), mientras que los datos de hábitos alimenticios pueden brindar nuevas percepciones de los cambios ambientales que afectan la condición de las poblaciones. Los datos de ciclo vital pueden descubrir indicaciones de aumento o merma de poblaciones, aunque los datos necesitan a menudo ser interpretados a la luz de otros datos: mortalidad actual e histórica, cambios ambientales, y estimaciones previas de la población. A la inversa, los datos de ciclo vital podrían contribuir a la comprensión de las tendencias de la abundancia, por ejemplo, cuando las poblaciones se acercan a la capacidad de carga de su medio ambiente.

Una ventaja de los datos de ciclo vital es que su costo es bajo comparado con los estudios a gran escala. El costo aproximado sería US\$ 255,000 en cada uno de los dos primeros años, pero debería disminuir en los años subsiguientes. A diferencia de los estudios de transectos lineales que requieren buques dedicados, el muestreo puede ser realizado por observadores que ya están a bordo de los buques atuneros. Una desventaja es que, ya que la mortalidad actual es tan baja, la toma de datos necesitaría ser a largo plazo y continua para 1) reunir una muestra de tamaño suficiente para comparar con los datos más antiguos, y 2) permitir un seguimiento continuado de la población en el futuro.

5.3. Modelado integrado de poblaciones

Los modelos de dinámica poblacional pueden ser usados para asimilar información de múltiples fuentes de datos. Este método permite una mayor flexibilidad en el tipo de datos que se recolectan y usan para evaluar las tendencias de la abundancia. Sin embargo, el contenido informativo de los datos podría depender en alto grado de supuestos inciertos acerca de la dinámica poblacional. Hoyle y Maunder (2004) aplicaron un modelo integrado a la población del delfín manchado de alta mar nororiental usando estimaciones del estudio de la abundancia absoluta y la composición por edad y fase de color de las mortalidades. En la actualidad las tasas de mortalidad son bajas, por lo que los datos de composición son escasos. Podría ser posible recolectar datos de fase de color o composición por talla de fotografías aéreas u otras fuentes, pero tendrían que ser tratados por separado de los datos de composición de mortalidad, y probablemente no se dispondría de datos de edad.

6. CONCLUSIONES

Serían necesarios análisis detallados para evaluar adecuadamente si son factibles las varias opciones para evaluar la condición de las poblaciones de delfines, y para estimar y comparar rigurosamente los costos. No obstante, se pueden formar varias conclusiones generales. Queda claro que el costo principal de los estudios de transectos lineales en buques de investigación es el costo del buque, y que los costos serían probablemente similares o mayores si se fletaran buques cerqueros en lugar de buques de investigación. Mientras que algunas de las alternativas a los estudios de transectos lineales comentados en lo anterior, tales como el marcado y recaptura genético, son técnicas nuevas y potencialmente potentes, precisarán una fase de investigación y desarrollo, y es por lo tanto poco probable que brinden información sobre la abundancia a corto plazo. Los indicadores de condición de población basados en el ciclo vital, que son relativamente baratos con respecto a la recolección de datos, podrían por sí solos no ser suficientes para dar seguimiento a las tendencias de la abundancia, pero pueden ser valiosos para evaluar la condición de una población si se combinan con otra información mediante un modelado integrado de las poblaciones.

REFERENCIAS

- Anganuzzi, A.A. and Buckland, S.T. 1989. Reducing bias in trends in dolphin relative abundance, estimated from tuna vessel data. Report of the International Whaling Commission 39: 323-334.
- Bravington, M.V., Grewe, P.M., Davies, C.R. 2014. Fishery-independent estimate of spawning biomass of Southern Bluefin tuna through identification of close-kin using genetic markers. Fisheries Research & Development Corporation Report no. 2007/034. CSIRO. March 2014.
- Buckland, S.T. and Anganuzzi, A.A. 1988. Estimated trends of abundance of dolphins associated with tuna in the eastern Tropical Pacific. Report of the International Whaling Commission 38: 411-437.

- Buckland, S.T., Cattanach, K.L., Anganuzzi, A.A. 1992. Estimating trends in abundance of dolphins associated with tuna in the eastern tropical Pacific Ocean, using avistamientos data collected on commercial tuna vessels. *Fishery Bulletin* 90:1-12.
- Gerrodette, T., and J. Forcada. 2005. Non-recovery of two spotted and spinner dolphin populations in the eastern tropical Pacific Ocean. *Marine Ecology Progress Series* 291:1-21.
- Gerrodette, T., Watters, G., Perryman, W., Ballance, L. 2008. Estimates of 2006 dolphin abundance in the eastern tropical Pacific, with revised estimates for 1986-2003. NOAA-TM-NMFS-SWFSC-422.
- Hoyle, S.D. and Maunder, M.N. 2004. A Bayesian integrated population dynamics model to analyze data for protected species. *Animal Biodiversity and Conservation* 27(1): 247-266.
- IATTC. 2006. Technical workshop on calculating N_{min} for the dolphin stocks of the eastern Pacific Ocean. Special Report 14. Inter-American Tropical Tuna Commission. 35pp.
- Lennert-Cody, C.E. and Maunder, M.N. 2014. Progress report on development of an index of relative abundance for dolphins from purse-seine observador data. IATTC Document SAC-05-11d.
- Lennert-Cody, C.E., Buckland, S.T., Marques, F.C. 2001. Trends in dolphin abundance estimated from fisheries data: A cautionary note. *Journal of Cetacean Research and Management* 3: 305-319.
- Pearse, D.E., Eckerman, C.M., Janzen, F.J., Avise, J.C. 2001. A genetic analogue of 'mark-recapture' methods for estimating population size: an approach based on molecular parentage assessments. *Molecular Ecology* 10: 2711-2718.
- Reilly, S.B., M. Donahue, T. Gerrodette, K. Forney, P. Wade, L. Ballance, J. Forcada, P. Fiedler, A. Dizon, W. Perryman, F. Archer and E. Edwards. 2005. Report of the scientific research program under the International Dolphin Conservation Program Act. NOAA-TM-NMFS-SWFSC-372. 100 p.
- Skaug, H.J. 2001. Allele-sharing methods for estimation of population size. *Biometrics* 57: 750-756.
- Scott, M.D., and S.J. Chivers. 2009. Movements and diving behavior of pelagic spotted dolphins. *Mar. Mammal Sci.* 25(1):137-160.
- Scott, M.D., R.S. Wells, and A.B. Irvine. 1990. A review of tagging and marking studies on small cetaceans. In *The Bottlenose Dolphin*, ed. S. Leatherwood and R. Reeves. pp. 489-514.
- Wade, P.R., G. M. Watters, T. Gerrodette and S.B. Reilly. 2007. Depletion of northeastern offshore spotted and eastern spinner dolphins in the eastern tropical Pacific and hypotheses for their lack of recovery. *Marine Ecology Progress Series* 343:1-14.
- Ward, E. J. 2005. Differences between fishery-dependent and fishery-independent estimates of single- and mixed-species dolphin schools: implications for single-species stock assessments. *Marine Mammal Science* 21:189-203.

ANEXO A.

MÉTODOS (de Gerrodette *et al.* 2008)

Área y estratificación del estudio

El área del estudio de 2006 fue igual que aquellas de los cruceros de 1998-2000 y 2003. El área del estudio se extendió de la frontera de EE.UU./México al sur a las aguas territoriales de Perú, con el límite este del litoral continental de América, y al oeste en Hawai, aproximadamente de latitud 32°N a 18°S, y del litoral americano a longitud 153°O (Fig. 1).

El esfuerzo de búsqueda en el área del estudio fue estratificado de acuerdo a la distribución geográfica de las dos poblaciones que han sido más afectadas por la pesquería: la población de alta mar nororiental del delfín manchado pantropical, *Stenella attenuata attenuata*, al norte de 5°N y al este de 120°O (Perrin *et al.* 1994), y el delfín tornillo oriental, *Stenella longirostris orientalis* (Perrin 1990). Se encuentra el delfín manchado nororiental solamente en el estrato Core (núcleo) por definición, y el delfín tornillo oriental principalmente en los estratos Core y Core2 (Fig. 1), por lo que el esfuerzo de búsqueda por unidad de área fue, por diseño, mayor en estos estratos (Fig. 2). Dentro de cada estrato, se distribuyeron líneas de transecto aleatoriamente, pero no uniformemente, dadas las limitaciones logísticas del alcance y velocidad de los buques. Los buques se desplazaron de noche, lo cual contribuyó a cierta independencia entre los transectos diarios. El punto de partida para el esfuerzo de transecto de cada día fue el punto en el que se encontraba el buque al amanecer en línea de derrota total.

El estudio STAR06 fue realizado con los buques de NOAA *David Starr Jordan* y *McArthur II* entre el 29 de julio y el 7 de diciembre de 2006, el mismo periodo que los estudios previos (Jackson *et al.* 2008). El *Jordan* ha sido usado para estudios de cetáceos en el POT desde hace muchos años. Es de 52.1m de eslora y la altura del ojo del observador es 10.7m. El *McArthur II* fue usado en estudios en el POT por primera vez en 2003. Es un buque más grande, con una eslora de 68.3m y la altura del ojo del observador en 15.2m.

Los buques, área de estudio y estratificación en años anteriores están descritos en Gerrodette y Forcada (2005). El presente informe incluye datos de 10 cruceros en el POT realizados en 1986-1990, 1998-2000, 2003 y 2006.

Métodos de campo

Los métodos de toma de datos en todos los años siguieron los protocolos estándar para estudios de transectos lineales realizados por el Southwest Fisheries Science Center (Kinzey *et al.* 2000). En condiciones aptas, se realizaba una búsqueda visual de cetáceos en el puente de cada buque de día a medida que el buque se desplazaba a lo largo de la línea de derrota a una velocidad de 10 nudos. El equipo de 3 observadores cambió de posición cada 40 minutos; de esta forma, cada observador estuvo de turno 2 horas, seguidas por 2 horas de descanso. Dos observadores, una a cada lado del buque, buscaban con binoculares de 25x150 montados en un pedestal. En 2003 y 2006, cada observador en los 25X buscaba desde a costado (90° de línea de derrota) hasta la línea de derrota. Juntos, los dos observadores en los 25X buscaban así los 180° delante del buque. Esto constituyó un ligero cambio del protocolo de búsqueda antes de 2003. En los cruceros antes de 2003, cada observador buscó desde el costado del buque hasta 10° más allá de la línea de derrota al otro costado; de esta forma, había un área de solape de 20° cerca de la línea de derrota. Los binoculares de 25X estaban dotados de aros de acimut y retículos para medir ángulos y distancias. El tercer observador buscaba a ojo y con binoculares de mano de 7K, cubriendo áreas más cerca del buque en los 180° enteros delante del buque.

Cuando se avistó un mamífero marino, se midieron los ángulos horizontal y vertical al avistamiento, y el tercer observador ingresó los datos en una computadora usando un programa individualizado de captura de datos, WinCruz. El programa computó las distancias radial y perpendicular al avistamiento a partir de estos ángulos (Kinzey y Gerrodette 2003). Si el avistamiento estaba a menos de 5.6 km (3.0 millas náuticas) de la línea de derrota, el equipo cesó de estar "en esfuerzo" e instruyó al buque abandonar la línea de derrota y acercarse a los animales avistados. Los observadores identificaron la especie o subespecie (en caso posible) del avistamiento e hicieron estimaciones del tamaño de la manada. Cada equipo de observadores contaba con al menos un observador con mucha experiencia en la identificación en el campo de mamíferos marinos en el POT. Los observadores discutirían las características identificadoras

a fin de obtener la mejor identificación posible, pero estimaban el tamaño de las manadas y, en el caso de manadas de especies mixtas, la composición de la manada, independientemente. La computadora estaba conectada con el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) del buque para registrar la posición de cada avistamiento y todos los otros eventos de datos.

Esfuerzo y avistamientos

La estimación de la abundancia de los delfines se basó en el esfuerzo de búsqueda y los avistamientos que ocurrieron durante periodos de esfuerzo. Usamos avistamientos y esfuerzo en condiciones de estado del mar Beaufort ≤ 5 y visibilidad ≥ 4 km, descartando un pequeño número de avistamientos y una baja cantidad de esfuerzo fuera de estas condiciones. Los avistamientos y el esfuerzo en un día fueron sumados; de esta forma, se consideró un día de esfuerzo de búsqueda la unidad de muestreo para fines de estimación de la varianza. Si el buque cruzó un límite de estrato durante un día, se registraron transectos separados para cada estrato.

En el presente informe, consideramos avistamientos y estimamos abundancia para las siguientes especies y poblaciones: delfines manchado (*Stenella attenuata*, poblaciones de altamar nororiental, de altamar occidental/sureña, y costera), tornillo (*S. longirostris*, poblaciones oriental y panza blanca), listado (*S. coeruleoalba*), de dientes rugosos (*Steno bredanensis*), común de hocico corto (*D. delphis*, poblaciones norteña, central, y sureña combinadas), tonina (*Tursiops truncatus*), y de Risso (*Grampus griseus*).

Tamaño de manada (grupo)

En 2006, a diferencia de estudios previos en el POT, el *David Starr Jordan* no llevó un helicóptero para fotografiar manadas de delfines. En su lugar, se realizó fotogrametría aérea para calibrar el tamaño de las manadas con un avión mientras los buques estaban relativamente cerca de la costa. Del 26 de octubre al 4 de noviembre en el caso del *Jordan* (primera parte del Tramo 5) y del 9 al 18 de noviembre en el caso del *McArthur II* (primera parte del Tramo 4), se realizaron operaciones conjuntas buque/avión con un avión Twin Otter de NOAA usando aeropuertos a lo largo de la costa oeste de México (principalmente Acapulco). En días con tiempo excelente (Beaufort 2 y menos), el avión voló al área del buque para tomar fotografías aéreas verticales de manadas detectadas desde el buque. Durante los días de operaciones conjuntas buque/avión, no se realizó muestreo de transectos lineales.

Mediante una comparación de las estimaciones de cada observador de las manadas fotografiadas con los conteos de las transparencias en color y los negativos en blanco y negro, se estimaron coeficientes individuales de corrección o calibración (Gerrodette *et al.* 2002). Los coeficientes de calibración ajustaron por la tendencia de cada observador de sobre o subestimar el tamaño de las manadas de delfines. La aplicación de estos coeficientes de calibración para mejorar las estimaciones de los observadores del tamaño de las manadas ejerció un efecto fuerte sobre las estimaciones de abundancia. Los datos de fotografía aérea de 2006 modificaron estos coeficientes para los observadores que trabajaron en años anteriores, y por lo tanto afectaron las estimaciones de abundancia pasadas. Para los observadores no calibrados, o para las manadas que yacieron fuera de la gama de tamaños para los que un observador fue calibrado, usamos un factor medio de corrección del grupo (Gerrodette y Forcada 2005).

Tabla 1. Área, esfuerzo, número de transectos, y número de avistamientos de delfines en 2006 usados para estimar la abundancia, por estrato. En la Figura 1 se ilustran los estratos.

	Estrato				
	Core	Core2	Outer	N. coastal	S. coastal
Area (10 ⁶ km ²)	5.869	0.592	14.186	0.535	0.171
Esfuerzo (km)	10,268	768	9,131	1,027	35
Número de transectos	98	5	68	22	1
Número de avistamientos					
Manchado de altamar	102	7	21	4	0
Manchado costero	4	0	0	12	0
Tornillo oriental	63	4	0	1	0
Tornillo panza blanca	6	1	9	0	0
Listado	98	5	37	1	0
De dientes rugosos	37	0	7	9	0
Común hocico corto	64	0	37	16	0
Tonina	54	4	24	42	0
De Risso	26	0	5	13	0
Manchado no identificado	0	0	0	1	0
Tornillo no identificado	6	0	2	8	0
Delfín pequeño no ident.	67	0	23	3	0
Delfín mediano no ident	10	0	2	4	0
Delfín grande no ident	2	0	3	0	0
Delfín no identificado	26	0	8	18	0

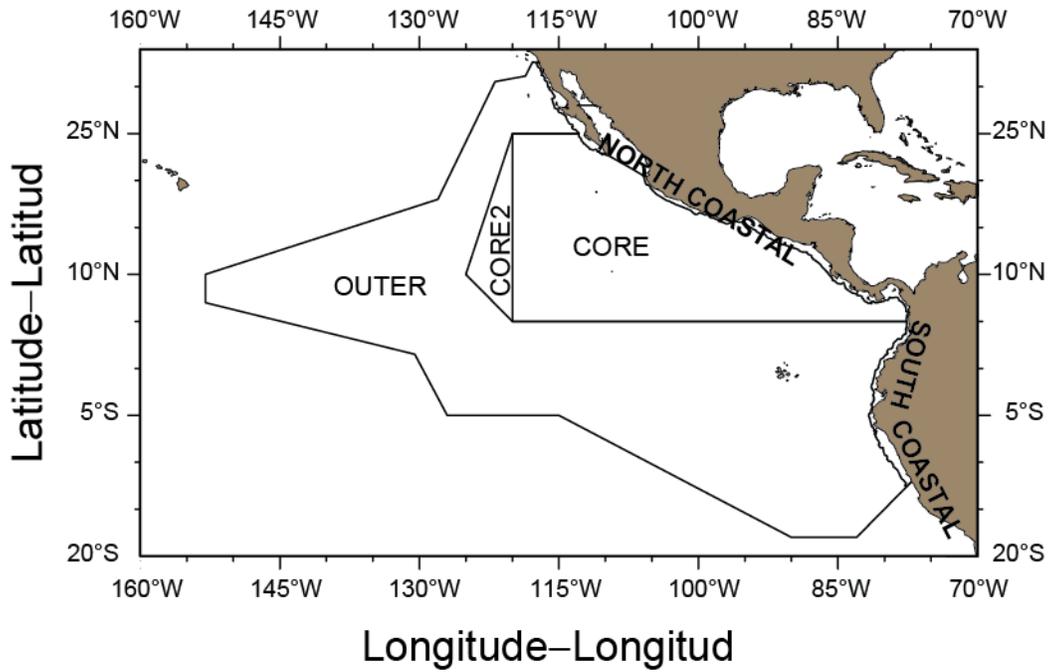


Figura 1. Estratos para el crucero STAR06.

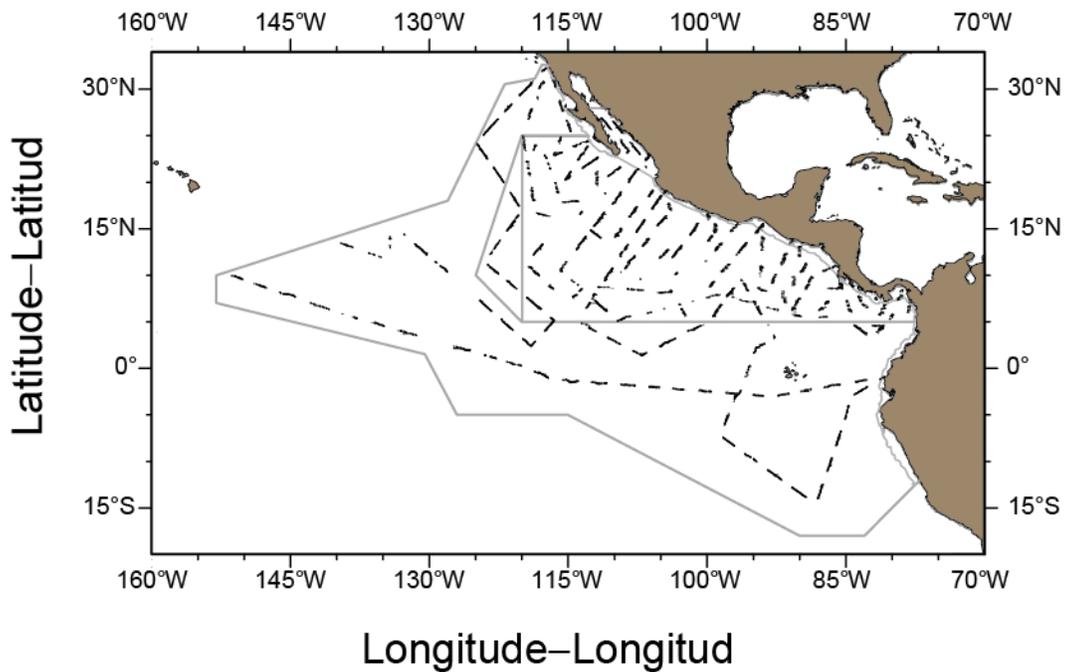


Figura 2. Esfuerzo de transectos lineales (líneas negras de trazos) y límites de los estratos (líneas grises sólidas) para el crucero STAR06.