

COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL

2º TALLER SOBRE MÉTODOS PARA DAR SEGUIMIENTO A LA CONDICIÓN DE LAS POBLACIONES DE DELFINES EN EL OCÉANO PACÍFICO ORIENTAL TROPICAL

Ciudad de México, México

09-10 de mayo de 2024

(participación opcional por videoconferencia)

INFORME DEL TALLER

Editado por Andre Punt (Presidente del taller)

1. APERTURA DE LA REUNIÓN

El taller se llevó a cabo el 9 y 10 de mayo de 2024 en el Hyatt Regency Insurgentes en la Ciudad de México. Fue organizado por la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) con el financiamiento de la CIAT, el Marine Stewardship Council y la Alianza del Pacífico por el Atún Sustentable (PAST).

La Dra. Mariana Ramos (PAST) dio la bienvenida a los asistentes (ver la lista de participantes y observadores en el Anexo A), y agradeció a la CIAT y al MSC por el apoyo en la realización del taller. Destacó la importancia de la relación entre los delfines y los atunes para la industria y expresó su deseo de que el taller encuentre la forma de estimar la abundancia de delfines y los impactos de la pesca.

El Dr. Alexandre Aires-da-Silva (Coordinador de Investigaciones Científicas de la CIAT) también dio la bienvenida a los participantes, y reconoció la diversidad del grupo. Describió los objetivos de la reunión: (a) reunir expertos científicos y operacionales especializados en modelado de poblaciones, estimación de abundancia, marcado y recaptura por parientes cercanos (CKMR), estudios aéreos, imágenes satelitales, métodos de muestreo de tejidos de cetáceos y operaciones de buques; y (b) continuar la discusión sobre enfoques para el monitoreo de las poblaciones de delfines en el Océano Pacífico oriental tropical (POT), explorando aspectos de viabilidad tanto científica como operacional, incluyendo el diseño del muestreo, consideraciones de muestreo en el campo, calendario y presupuesto. Señaló que los resultados del taller serían (a) un informe del taller (este documento) que resuma los puntos y recomendaciones principales derivados de las discusiones; y (b) notas conceptuales de propuestas de investigación para los enfoques que se consideren dignos de mayor investigación. Éstas serán presentadas por el personal de la CIAT para consideración por la CIAT/APICD (Acuerdo sobre el Programa Internacional para la Conservación de los Delfines) o fuentes externas de financiamiento.

El taller fue la continuación de un taller celebrado del 18 al 20 de octubre de 2016 ([Johnson et al., 2018](#)). El Dr. André Punt (Presidente del taller) señaló que uno de los objetivos de las técnicas discutidas en este taller era estimar la abundancia absoluta con un coeficiente de variación (CV) comparable al de los estudios desde buques realizados en el pasado. Las estimaciones de abundancia absoluta podrían utilizarse para determinar la condición de las poblaciones en relación con los objetivos de ordenación, y en las reglas de control de extracción para evaluar los niveles de extracciones debidas a la captura incidental que serían consistentes con la recuperación de las poblaciones reducidas y con el mantenimiento de las poblaciones en los niveles recuperados una vez que se recuperen. Las principales técnicas discutidas fueron los estudios aéreos digitales, el marcado y recaptura por parientes cercanos y enfoques satelitales. El taller también consideró métodos de muestreo de tejidos de cetáceos y operaciones de buques.

El Dr. Punt señaló que el objetivo principal del taller (ver la agenda provisional en el Anexo B) era identificar las ventajas y desafíos de cada técnica candidata y desarrollar una serie de notas conceptuales

de propuestas de investigación (ver un esquema en el Anexo C) para estudios piloto y la aplicación plena de las técnicas. El taller comenzó con una serie de presentaciones de antecedentes (Sección 2 de este informe), seguidas de otras centradas en marcado y recaptura por parientes cercanos, estudios aéreos digitales y el uso de imágenes satelitales para estudiar ballenas y delfines (Secciones 3-5 de este informe). Tras cada presentación, los participantes tuvieron la oportunidad de hacer preguntas aclaratorias y detalladas sobre los métodos. La última sesión del taller se centró en la viabilidad y rentabilidad de un conjunto de propuestas de investigación (Sección 7 de este informe). Se dedicaron dos sesiones a recibir comentarios y sugerencias de los observadores (resumidos en la Sección 6 del informe).

2. ANTECEDENTES

2.1 Resultados y recomendaciones del 1^{er} taller

El Dr. Punt dio un resumen del taller de 2016 ([Johnson et al., 2018](#)). El objetivo de ese taller fue identificar qué tipos de datos y métodos existen para monitorear y evaluar las poblaciones de delfines del POT. En particular, el taller de 2016 consideró tres preguntas generales: (a) ¿qué métodos pueden proporcionar estimaciones de abundancia con un coeficiente de variación (CV) comparable al de estudios de transectos lineales desde buques realizados previamente?; (b) ¿existen nuevos métodos que deberían usarse en conjunto para proporcionar información complementaria?; y (c) si se pudiera realizar otro estudio desde buques independiente de la pesca, ¿podría mejorarse la metodología sin reducir la comparabilidad con evaluaciones pasadas?

Además de los métodos de estudio desde buques, que son costosos y dependen de la cuantificación del parámetro $g(0)$, el taller de 2016 evaluó el uso de varios enfoques basados en marcado, incluido el uso de: (a) enfoques convencionales y genéticos de marcado y recaptura (que pueden utilizarse para estimar la abundancia y las tasas de interacción con la pesca); (b) marcas telemétricas/de radio (para cuantificar las interacciones con la pesca, los tiempos de inmersión, el comportamiento y las asociaciones de hábitat); (c) marcas acústicas y PIT (para evaluar las interacciones con la pesca y las asociaciones de hábitat); y (d) métodos de marcado y recaptura por parientes cercanos (que pueden utilizarse para estimar la abundancia absoluta, la supervivencia y la fecundidad relativa). Se observó que el éxito probable de cada una de estas técnicas dependía de un diseño de muestreo adecuado y de la resolución de los desafíos propios de cada técnica (por ejemplo, la heterogeneidad de las recapturas y la pérdida de marcas en los métodos de marcado convencionales). En el taller de 2016 también se discutió la utilidad de la acústica (para estimar $g(0)$ en los estudios desde buques), las boyas a la deriva, los enfoques fotográficos aéreos (incluidos los dispositivos de muestreo no tripulados, como los drones) y el uso de imágenes satelitales. Algunas de las técnicas discutidas en el taller de 2016, como el uso de métodos de marcado y recaptura por parientes cercanos, los estudios basados en drones y el uso de satélites para el monitoreo de cetáceos, han mejorado considerablemente desde 2016.

En el taller de 2016 también se discutieron los diversos enfoques utilizados para las evaluaciones de las poblaciones de cetáceos, incluidos los delfines, destacando las necesidades de datos y los métodos analíticos para cada tipo de evaluación. En este taller también se desarrollaron propuestas de investigación detalladas (y presupuestadas) relacionadas con estudios de transectos lineales desde buques, enfoques de marcado y recaptura por parientes cercanos y estudios basados en drones.

2.2 Visión general de la pesquería cerquera atunera en el POT y actualización de las investigaciones sobre la abundancia de delfines desde el 1^{er} taller

El Dr. Aires-da-Silva presentó una visión general de la pesquería cerquera atunera en el Océano Pacífico oriental (OPO) con énfasis en la pesquería atunera sobre delfines del POT. Señaló que se realizan aproximadamente 10,000 lances asociados a delfines cada año y que la alta mortalidad de delfines en dichos lances ha disminuido considerablemente desde aproximadamente 1994 debido a cambios en los requisitos de operación. El Dr. Aires-da-Silva resumió la distribución espacial de los lances asociados a delfines, destacando la naturaleza multinacional de la pesquería. Asimismo, proporcionó información sobre las

principales especies de delfines de interés, incluyendo estimaciones de abundancia basadas en los estudios desde buques del Servicio Nacional de Pesquerías Marinas (NMFS) de Estados Unidos que terminaron en 2006, y conocimientos de la estructura de las poblaciones de los delfines manchados, tornillos y comunes en el POT. La presentación también resumió el tamaño de las manadas capturadas por especie/población para todas las especies de delfines manchados, delfines tornillo oriental, delfines tornillo panza blanca y delfines comunes para 2022 y 2023.

En la discusión, se señaló que la información sobre la estructura de las poblaciones era relativamente anticuada, y que los desplazamientos de delfines en el POT eran relativamente poco conocidos, aunque esta información será importante para desarrollar modelos para evaluar enfoques tales como el CKMR. Se informó que cada año se producen ~800 mortalidades de delfines en la pesquería atunera del POT, y que cada flota difiere operacionalmente y en términos de su distribución espacial.

En la reunión se solicitó que se graficara la información proporcionada por el personal sobre el número de delfines encontrados por lance para comprender mejor el número de lances que sería necesario muestrear para obtener un número específico de muestras (Fig. 1). El taller señaló que la Fig. 1 era preliminar pero que ayudaría a comprender la logística del muestreo para el CKMR (ver también la Sección 7 de este informe).

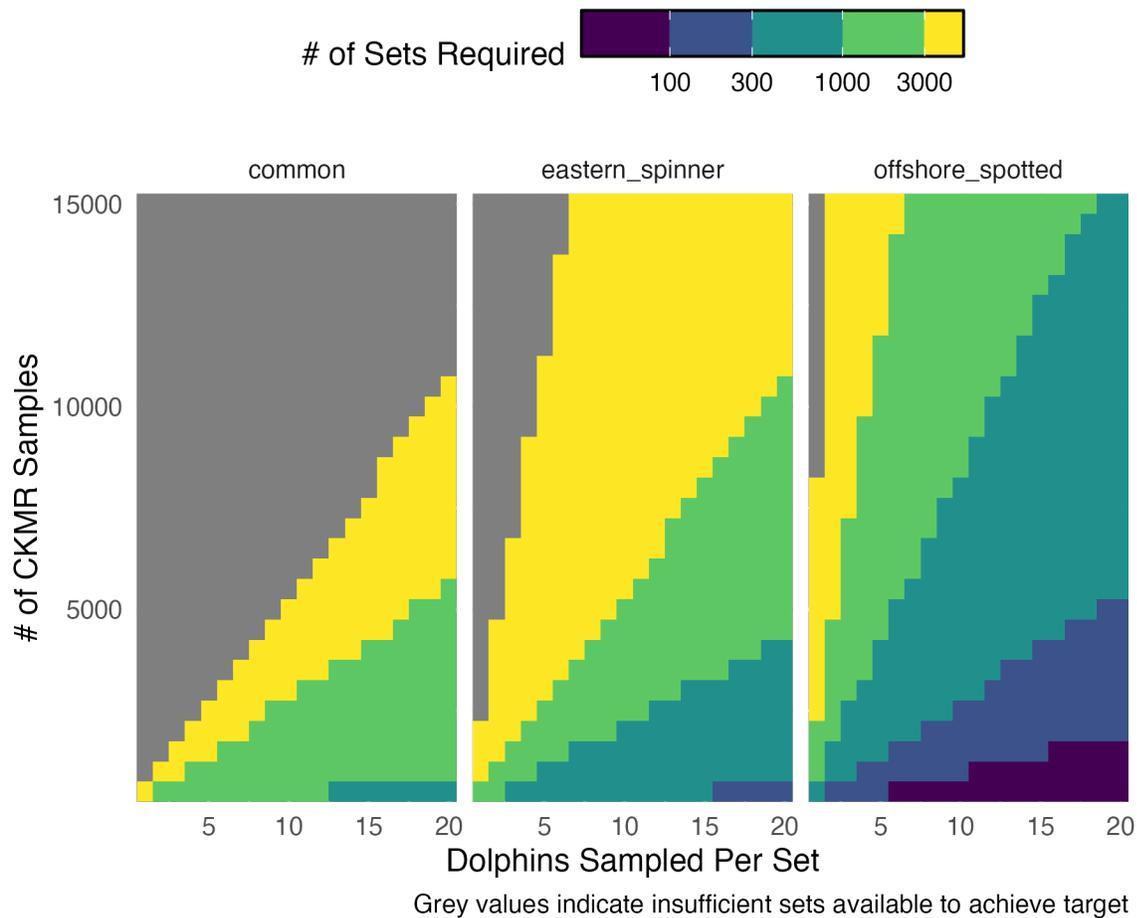


FIGURA 1. Número estimado de lances muestreados requeridos (colores) para adquirir un número dado de muestras genéticas para el CKMR (eje ‘y’) dados diferentes números de delfines muestreados por lance (eje ‘x’). Los valores fueron estimados con base en los números históricos de lances asociados a delfines y la distribución asociada de delfines por especie por lance registrada en la base de datos de observadores. Las celdas de color gris indican que no hubo suficientes lances en los datos históricos para lograr el tamaño

de muestra objetivo dado el número objetivo de delfines muestreados por lance. La escala de colores está transformada Log-10.

2.3 Descripción de la operación de un lance cerquero sobre delfines en el POT

El Sr. Enrique Ureña (CIAT) describió las etapas de un lance habitual sobre atunes asociados a delfines, y proporcionó estadísticas sobre las manadas de delfines capturadas por la flota cerquera internacional durante 2022 y 2023. Se ha desarrollado una metodología sistemática para liberar a los delfines capturados en los lances. Los buques de esta pesquería comienzan su día buscando aves marinas con binoculares de alta potencia y radares detectores de aves. Una vez que la tripulación encuentra indicios de atunes, se envía el helicóptero del buque para comprobar si hay delfines asociados y la cantidad de atún presente. Si hay varios grupos de delfines, el capitán selecciona el grupo con mayor cantidad de atún y dirige el buque hacia su posición. Cuando el buque está cerca del cardumen, las lanchas rápidas empiezan a "arrear" a los delfines en un grupo compacto; esta fase del lance se conoce como "persecución". Una vez que la manada de delfines, con el atún debajo, está en la posición adecuada al buque y a la dirección del viento, la tripulación comienza el lance soltando el esquiife con la orza de proa de la red atada. El buque rodea rápidamente la manada de delfines con una pared submarina de red. Cuando ambos extremos de la red están sujetos al buque, se inicia el proceso de cierre del fondo de la red. Se tira de un cable que pasa por los anillos del fondo de la red y ésta se cierra, de forma similar a la acción de tirar de los hilos de un bolso. Una vez recogido el cable del fondo y los anillos de la red suben a la superficie, el buque enrolla un poco más de dos tercios de la red a bordo; posteriormente, el buque se prepara para la maniobra de retroceso para liberar a los delfines que nadan en la superficie. El buque retrocede lentamente y los corchos de la red se hunden, sacando la red de debajo de los delfines y liberando a la mayoría de ellos de la red. Buceadores y nadadores ayudan a liberar a los delfines restantes. El Sr. Ureña señaló que la maniobra de retroceso ha sido una forma extraordinariamente eficaz de sacar a los delfines de la red, al tiempo que se mantiene en ella a los atunes que nadan por debajo. Una vez finalizada la maniobra de retroceso, se sube a bordo la red restante para preparar el salabardeo de la captura de atún en las bodegas.

Los participantes del taller solicitaron información adicional sobre la duración de los lances y el procedimiento de retroceso, incluyendo su duración y el momento en que el riesgo de enmallamiento (para delfines y buceadores) era mayor. El Sr. Ureña señaló que el enmallamiento se produce con mayor frecuencia cuando la red se colapsa y forma cavidades y cuando la red no está bien alineada porque hace formas que conducen al enmallamiento.

En la discusión se señaló que, para los fines del CKMR, sería necesario recolectar datos de cada individuo muestreado para identificar, como mínimo, el parentesco y la edad. La edad podría obtenerse a partir de la talla, aunque probablemente a costa de una menor precisión en las estimaciones de abundancia. Sin embargo, actualmente es posible estimar la edad utilizando datos genéticos (determinación epigenética de la edad) y este enfoque ya se ha aplicado a delfines (por ejemplo, Barratclough *et al.*, 2021; Peters *et al.*, 2023). El taller acordó que valdría la pena crear una nota conceptual de propuesta de investigación para desarrollar una aplicación epigenética para los delfines en el POT, y que el paso de calibración necesario podría basarse en datos (dientes) recolectados de mortalidades de delfines.

Durante el taller se señaló que los observadores pesqueros no están autorizados a entrar en el agua, por lo que cualquier muestreo tendría que ser realizado por la tripulación, en el agua o desde el esquiife, y que los delfines muertos podrían ser llevados a cubierta y muestreados para obtener, por ejemplo, dientes que podrían utilizarse para calibrar el método de determinación epigenética de la edad. Varios participantes de la industria destacaron las dificultades de trabajar con mortalidades de delfines.

2.4 Una revisión de los métodos invasivos y no invasivos para recolectar muestras de tejidos de cetáceos que nadan libremente

La Dra. Heidi Pearson (University of Alaska Southeast) resumió los métodos para recolectar muestras biológicas y de tejidos de cetáceos libres. Estos incluyen (en orden de menos a más invasivos): (a) muestreo fecal y de piel desprendida; (b) muestreo del soplo; (c) hisopado de piel; y (d) muestreo de biopsia. Las consideraciones clave para decidir el método o métodos más apropiados incluyen: (a) la seguridad humana; (b) el impacto en los animales; (c) la(s) métrica(s) biológica(s) de interés; (d) la cantidad de tejido necesaria; (e) el tamaño de la muestra; (f) la logística de campo; (g) los permisos necesarios (incluida la revisión del comité de ética animal), y (h) los requisitos de capacitación del personal. La Dra. Pearson revisó estos métodos, e identificó los pros y los contras de cada uno, teniendo en cuenta los factores antes mencionados, y con respecto a la viabilidad prevista de su implementación durante un lance de atún. La experiencia reciente de un equipo de la Universidad de Alaska Southeast-AIMM (Associação para a Investigação do Meio Marinho) a bordo de un cerquero mexicano en agosto de 2023 para la fase piloto del estudio de separación de madres y crías proporcionó información valiosa sobre la viabilidad de cada método ([SAC-14 INF-K](#)). Dadas las consideraciones anteriores, y con base en la experiencia recolectando datos a bordo de un buque cerquero, la Dra. Pearson recomendó el hisopado de piel como el método más viable para recolectar datos genéticos de los delfines del POT durante un lance de atún. Se prevé que este método ofrezca el mejor equilibrio entre la obtención de una muestra de alta calidad y la menor invasión del animal. No obstante, se recomienda realizar un estudio piloto para evaluar las reacciones de los animales, los aspectos prácticos logísticos y la calidad de las muestras.

En el taller se señaló que sería casi imposible realizar el hisopado de piel bajo el agua, pero que podría hacerse desde un esquife. Sin embargo, habría que tener en cuenta el impacto de la recolección de muestras en las operaciones del buque. Se señaló que la logística para realizar el hisopado de piel desde los esquifes seguiría siendo un reto, incluido el almacenamiento de las muestras.

El taller señaló que la muestra ideal para la determinación epigenética de la edad sería una biopsia y que las interacciones entre delfines podrían dar lugar a una contaminación cruzada del material genético, lo que repercutiría negativamente en la capacidad de obtener las edades genéticamente.

3. MERCADO Y RECAPTURA POR PARIENTES CERCANOS

El marcado y recaptura por parientes cercanos (CKMR, por sus siglas en inglés) es un método basado en la genética para estimar la abundancia de las poblaciones que resulta muy prometedor para mejorar las evaluaciones de poblaciones y los programas de monitoreo de especies con datos limitados. El CKMR, que utiliza un marco modificado de captura-recaptura, puede proporcionar estimaciones de la abundancia absoluta de las poblaciones, de la mortalidad natural y de otros parámetros útiles para la evaluación de poblaciones sin depender de fuentes de datos dependientes de la pesca. Dado que los genotipos son las "marcas", el CKMR no requiere la recaptura de animales individuales y no se ve afectado por problemas relacionados con la pérdida o notificación de marcas, lo que ofrece varias ventajas clave sobre los métodos más convencionales para evaluar la abundancia de las poblaciones. El CKMR es un método muy eficaz, pero su aplicación fiable requiere un diseño experimental detallado, basado en conocimientos biológicos y técnicos exhaustivos y en un diseño de muestreo adecuado. El Dr. John Swenson (U. Mass Amherst) describió la teoría en la que se basa el CKMR y esbozó las principales ventajas y deficiencias del método. Después, discutió los principales factores que deben tenerse en cuenta para garantizar que un proyecto de CKMR aproveche los puntos fuertes del método y evite al mismo tiempo sus defectos, centrándose en el diseño del muestreo y la conservación de los tejidos para un análisis genético y una búsqueda de parentesco satisfactorios. El Dr. Swenson proporcionó ejemplos de aplicaciones de CKMR que han tenido éxito en el mundo real y describió las principales categorías de costos que deben tenerse en cuenta durante el diseño y la implementación del proyecto (diseño del proyecto, suministros de muestreo, trabajo de laboratorio y genotipado, y análisis, y señaló que los costos de genotipado están disminuyendo, pero no así los costos de

personal). Finalmente, para facilitar la discusión, destacó aspectos de la biología de los cetáceos que deberán ser considerados para una aplicación robusta del CKMR a las poblaciones de delfines en el OPO.

El Dr. Swenson señaló que la aplicación exitosa del CKMR implica necesariamente varias tareas interrelacionadas: (a) una fase de diseño rigurosa, que idealmente incluya la estimación de la precisión y el sesgo mediante un modelo de simulación; (b) una forma de recolectar muestras que puedan procesarse para proporcionar los insumos genéticos necesarios para la aplicación del CKMR; (c) el desarrollo de un panel genético que sea informativo para la identificación del parentesco; (d) un estudio piloto o un estudio para proporcionar estimaciones de referencia; y (e) monitoreo continuo (Fig. 2).

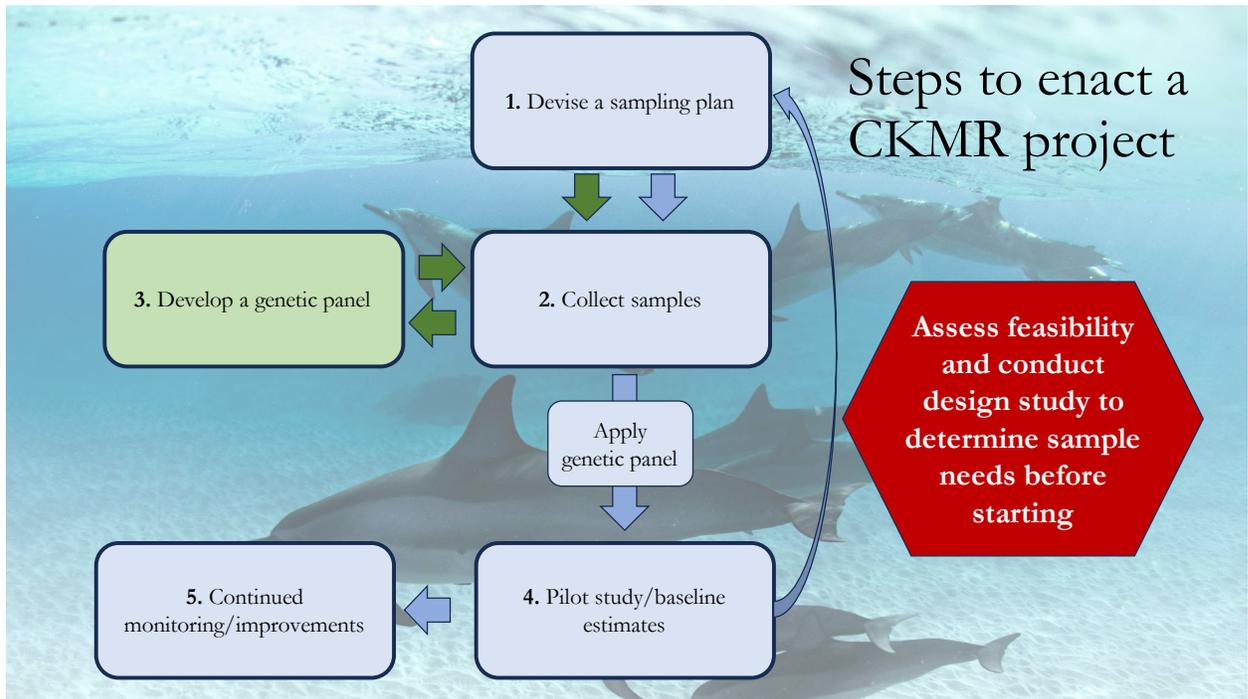


FIGURA 2. Visión general del proceso de recolección de los datos genéticos necesarios para un estudio de CKMR.

Durante el taller se hizo hincapié en el valor y la importancia de la fase de diseño, dado que cada aplicación de CKMR es diferente y los métodos de muestreo y análisis deben adaptarse al caso en cuestión. Esto, y la necesidad de parametrizar los modelos de simulación para evaluar los diseños de CKMR, condujo a la identificación de varias actividades de investigación (ver Sección 7), incluida la necesidad de comprender mejor la biología y el comportamiento de los delfines del POT. El taller señaló la Fig. 1, y la necesidad de seleccionar especies objetivo para cualquier estudio de CKMR y la precisión esperada. Aunque no se trata de un proyecto de investigación propiamente dicho, la Fig. 1 debe seguir perfeccionándose y utilizándose en el proceso de diseño.

Probablemente, el muestreo no debería intentar recolectar datos genéticos de neonatos y crías, ya que están estrechamente asociados a sus madres. Sin embargo, sería útil recolectar datos de los juveniles, ya que sería más fácil asignar edades a esos animales. No obstante, esto debería evaluarse durante la fase de diseño. En el taller también se señaló que el uso de parejas de medios hermanos (HSP, por sus siglas en inglés) podría suponer un reto, ya que son genéticamente idénticas a otras relaciones de parentesco. Esto puede no importar para las especies de vida más corta, pero podría ser un problema para los delfines del OPO, donde los bisabuelos podrían estar aún presentes.

En el taller se observó que para una aplicación de CKMR basada en parejas de progenitores y crías (POP, por sus siglas en inglés) sería necesario muestrear aproximadamente 9,000 animales para un CV de

abundancia de ~ 0.15 , pero que éste era solo un número aproximado dado que el número real de muestras dependería de la biología del animal, de la capacidad de obtener estimaciones fiables de la edad y del uso de HSP. No es necesario que las muestras se recolecten en un solo año, dadas las limitaciones logísticas, pero el momento (y la ubicación) de las muestras, así como el número de muestras por lance, deberían evaluarse durante la fase de diseño de cualquier proyecto de CKMR. Las cuestiones de la recolección de muestras y el uso de la determinación epigenética de la edad se discuten con más detalle en la Sección 7 y en los Anexos D-1 y D-2.

4. ESTUDIOS AÉREOS DIGITALES

4.1 Cuestiones generales

En Europa, el empleo de estudios aéreos digitales (DAS, por sus siglas en inglés) para la megafauna marina es un requisito estándar de monitoreo, al menos en algunos sectores de la industria marina (por ejemplo, las energías renovables en alta mar). HiDef Aerial Surveying Ltd. (HiDef), empresa de vigilancia y consultoría ambiental, ha desarrollado un soporte de videocámara digital a la medida para su despliegue a través de la escotilla o el morro de una avioneta. Las cámaras muestrean una franja de ~ 500 m de ancho, alcanzan una distancia de muestreo del suelo de entre ~ 1.7 y 2 cm y pueden girarse y colocarse en ángulo para minimizar el impacto del resplandor del sol y facilitar altos índices de identificación de especies, respectivamente. Los estudios se llevan a cabo a una altitud de 1,800 pies, lo que ofrece ventajas a la hora de estudiar entornos marinos con estructuras marinas cada vez más altas. Además, no hay riesgo de que se produzcan perturbaciones o desplazamientos de las especies de interés. La Dra. Kelly MacLeod (BioConsult SH GmbH & Co. KG) discutió los puntos fuertes y débiles de la metodología de HiDef en el contexto de la obtención de estimaciones de abundancia de cetáceos. Los estudios de población a gran escala en Europa siguen dependiendo de observadores visuales, aunque los estudios aéreos digitales han sustituido en gran medida a los estudios visuales desde aeronaves y buques con el fin de caracterizar los sitios de parques eólicos marinos y para el monitoreo pre-post impacto. La Dra. MacLeod discutió las razones potenciales de esto, vinculadas a la contabilización del sesgo en las estimaciones de abundancia, y describió brevemente el uso de otras plataformas en combinación con estudios aéreos digitales para mejorar la estimación de la abundancia de cetáceos.

Durante la discusión, la Dra. MacLeod confirmó que actualmente las imágenes se revisan manualmente, pero que en el futuro se utilizarán métodos de inteligencia artificial (IA). También señaló que el proceso de garantía de calidad en HiDef implica que un segundo experto clasifique las imágenes, repitiéndose el proceso de revisión si el acuerdo no alcanza al menos el 90%, y que en el Golfo de Vizcaya ha sido posible asignar el 96% de las detecciones a especies, aunque las manadas sean mixtas. La Dra. MacLeod declaró que es posible aplicar los métodos a grupos grandes, como los delfines comunes en el Mar Celtaico.

En el taller se señaló que el sesgo de disponibilidad es más preocupante en los métodos de abundancia aéreos que en los basados en buques debido a la velocidad del avión. La Dra. MacLeod declaró que se ha empezado a trabajar en técnicas para estimar y, por ende, corregir el sesgo de disponibilidad, pero que aún queda trabajo por hacer antes de poder aplicar las correcciones.

4.2 Aplicación para el POT

El Dr. Zach Johnston (HiDef Aerial Surveying Ltd) propuso que las aguas costeras del área núcleo del OPO fueran estudiadas utilizando los métodos de estudios aéreos digitales de HiDef. Los estudios aéreos podrían extenderse ~ 5 -900 km mar adentro dependiendo del proveedor aéreo, pero podrían potencialmente proporcionar una cobertura adecuada de las poblaciones de delfín manchado costero (*Stenella attenuata graffmani*), tornillo oriental (*S. longirostris orientalis*) y tornillo centroamericano (*S. l. centroamericana*) para contribuir a la estimación de la abundancia. Los costos de los estudios aéreos digitales con aeronaves en comparación con los buques son comparables por día, pero la mayor velocidad de los aeronaves significa que los transectos pueden completarse en periodos más cortos, reduciendo así la duración de los fletes de las plataformas. Desde el punto de vista logístico, las aeronaves tendrían que tener fácil acceso a aeropuertos (idealmente a < 100 km del extremo del transecto) situados a lo largo de la longitud de la costa del estrato

de estudio y, al tratarse de un estudio internacional, habría que disponer de los permisos de vuelo necesarios. Sin embargo, el uso de aeronaves para estudiar las aguas costeras podría ser casi un orden de magnitud más barato que utilizar un buque para los transectos equivalentes. Los buques seguirían siendo necesarios para realizar estudios más allá de los estratos aéreos.

En la discusión, el Dr. Johnson señaló que el King Air 360 puede volar a más de 320 km/h, pero que esta velocidad se seleccionó para garantizar la disponibilidad de imágenes suficientes. El uso de aeronaves como el King Air 360 es esencial para el trabajo en el OPO dado su mayor alcance en comparación con los aeronaves utilizados convencionalmente para trabajos de estudios aéreos (que cubrirían solo ~3% del OPO). También declaró que el procesamiento de las imágenes llevaría algunos meses, dado el proceso manual que implica.

En el taller se señaló que se había avanzado considerablemente en el uso de métodos de estudios aéreos desde el taller de 2016, pero que quedaban varias cuestiones por resolver, como las dificultades de trabajar en varios países y la falta de métodos para corregir los sesgos de disponibilidad y percepción. Se acordó que sería valioso desarrollar una nota conceptual de propuesta de investigación sobre los próximos pasos que serían necesarios antes de que los métodos de estudio aéreo digital pudieran aplicarse en el OPO.

En el taller se señaló que los métodos de estudio aéreo digital podrían combinarse con otros métodos de estimación de la abundancia (por ejemplo, estudios aéreos combinados con estudios desde buques) y que los estudios aéreos digitales pueden aportar datos adicionales además de constituir la base para estimar la abundancia, como proporcionar información sobre los desechos marinos. En principio, las imágenes se almacenarán durante varios años y podrían volver a analizarse años después de su recolección.

5. IMÁGENES SATELITALES

El monitoreo de mamíferos marinos en alta mar es complejo, costoso y requiere mucho tiempo. Por ello, los conocimientos sobre la presencia y distribución de estos animales son limitados. El uso de imágenes satelitales para monitorear ballenas grandes es una metodología relativamente nueva que permite estudiar áreas oceánicas no estudiadas, remotas, de difícil acceso y desconocidas, así como sus especies.

La Dra. Caroline Höschle (BioConsult SH GmbH & Co) señaló que BioConsult desarrolló el servicio SPACEWHALE (<https://www.spacewhales.de/>), que utiliza imágenes satelitales de muy alta resolución (VHR, por sus siglas en inglés) para detectar cetáceos de forma semiautomática. A falta de una biblioteca de fragmentos de archivo de imágenes VHR de ballenas, BioConsult capacitó a su algoritmo con imágenes aéreas digitales de la ballena barbada más pequeña, el rorcual Minke, y las muestreó hasta una resolución de 31 cm por pixel. Han desarrollado una metodología que combina técnicas de aprendizaje profundo de última generación con un gran equipo de revisión de expertos para determinar las ballenas a nivel de especie. SPACEWHALE permite estudiar áreas extensas de alta mar con un método instantáneo que cubre el 100% de un área, lo que da lugar a estadísticas adecuadas sobre la distribución espacial y la abundancia de ballenas grandes. La Dra. Höschle afirmó que SPACEWHALE constituye una herramienta excelente para aumentar la calidad de los datos y sustituir o complementar los estudios realizados desde buques o desde el aire para el monitoreo de animales en áreas que son difíciles de cubrir.

La Dra. Höschle declaró que los avances futuros parecen prometedores, con un aumento de la resolución y una mayor tasa de revisita de la constelación de satélites. Se ha anunciado la concesión de licencias para recolectar imágenes satelitales pancromáticas comerciales de 10 centímetros combinadas con imágenes multiespectrales de 40 centímetros. El lanzamiento del primer satélite está previsto para finales de 2025, con otros 27 satélites programados para empezar a orbitar la Tierra en 2028. Sin embargo, es común que estas misiones se retrasen. Los satélites estarán equipados con sensores avanzados desarrollados principalmente para captar imágenes sobre áreas terrestres. Por lo tanto, llevará algún tiempo adaptar los parámetros para obtener imágenes satelitales de buena calidad sobre áreas oceánicas y trabajar con el proveedor de imágenes satelitales para determinar las condiciones ambientales adecuadas para ver mejor a los cetáceos. Aún no se dispone de información sobre el costo.

Durante la discusión, se preguntó a qué profundidad los satélites pueden ver a los animales; la Dra. Höschle señaló que por el momento se desconoce este dato y que es necesario seguir trabajando en ello. Los participantes del taller coincidieron en que, si bien era posible estimar la abundancia mediante satélites, la tecnología aún no estaba lo suficientemente desarrollada como para aplicarla actualmente en el POT. No obstante, ésta es un área activa de investigación y el personal de la CIAT debería seguir monitoreando los avances de la tecnología satelital, así como los métodos analíticos para usar imágenes satelitales para estimar la abundancia absoluta.

6. RESUMEN DE LOS COMENTARIOS DEL PÚBLICO

No hubo comentarios del público.

7. PROPUESTAS DE INVESTIGACIÓN

Un punto clave de discusión a lo largo del taller fue la importancia de comprender el propósito de estimar la abundancia. Se reconoció que ninguno de los métodos explorados durante el taller proporcionaría estimaciones de alta precisión de la tendencia a corto plazo, pero que la integración de datos/estimaciones de abundancia de los proyectos de investigación propuestos con los datos existentes podría proporcionar dichas tendencias. Sin embargo, también se señaló que hay que tener cuidado al comparar las estimaciones de, por ejemplo, el CKMR, con las basadas en estudios desde buques, ya que cada una tiene sesgos diferentes.

A partir de las discusiones mantenidas en el taller, se identificaron las siguientes áreas generales de investigación:

1. Probar si es logísticamente viable recolectar muestras de delfines en lances que proporcionen datos genéticos fiables para el análisis de parentesco y la determinación epigenética de la edad.
2. Desarrollo de un panel genético para cada especie de delfín que sea suficiente para proporcionar rápidamente asignaciones de parentesco fiables.
3. Desarrollo de métodos de determinación epigenética de la edad de los delfines del POT y evaluación de las implicaciones de la utilización de medios alternativos para identificar la edad (por ejemplo, la clase de talla o el color).
4. Realizar un análisis de deficiencias relacionado con la información adicional sobre las características biológicas (desplazamientos, biología reproductiva, posibilidad de senescencia reproductiva, supervivencia por edad, etc.) necesarias para parametrizar un modelo de simulación para los delfines del POT.
5. Desarrollo de un modelo de simulación para evaluar el desempeño probable del CKMR dadas las características de los delfines del POT.
6. Documentación de los pasos necesarios para la implementación de un método basado en estudios aéreos digitales para la estimación de la abundancia.

Las áreas generales 1-3 se combinaron en una nota conceptual de propuesta de investigación (Fig. 3; Anexo D-1) basada en un enfoque en dos fases. La primera fase consiste en evaluar la calidad del ADN de los hisopados de piel y el potencial de aplicación de los métodos de determinación epigenética de la edad. Dependiendo de la finalización exitosa de la fase 1, la fase 2 implicará pruebas de campo del hisopado de piel y el uso de datos de delfines muertos para desarrollar un panel genético. Se destacó que el éxito de esta labor implicaría una estrecha colaboración con la industria.

El Sr. Alvin Delgado (Presidente de la Reunión de las Partes del Acuerdo sobre el Programa Internacional para la Conservación de los Delfines, APICD) mencionó la posibilidad de que el APICD colabore en la recolección de muestras de delfines muertos, pero que no estaba seguro de si sería posible obtener suficientes muestras dado el bajo número de mortalidades de delfines. También declaró que los observadores tendrían que capacitar a los pescadores sobre cómo tomar muestras y que era poco probable que los pescadores pudieran sacar del agua a los delfines muertos y subirlos a una embarcación pequeña.

El Dr. Michael Scott (CIAT, jubilado) declaró que existen datos sobre desplazamientos a largo plazo a partir de marcas visuales que muestran migraciones anuales este-oeste para los delfines manchados (Perrin *et al.* 1979; Hedgepeth 1985; Scott y Chivers 2009). Los datos de radioteleetría y telemetría satelital han proporcionado información sobre los desplazamientos diarios y han mostrado que las manadas de delfines manchados son dinámicas, se agrupan durante el día y se separan por la noche, y que los delfines manchados recorren entre 60 y 134 mn por día (Scott y Chivers 2009). Los datos de desplazamiento han sido incorporados a la estimación de abundancia mediante transectos lineales (Glennie *et al.* 2020).

Un grupo de personal de la CIAT y de la industria se reunió durante la reunión para discutir la logística de la recolección de muestras, incluyendo el personal. Los resultados de estas deliberaciones se reflejarán en los proyectos de investigación, en particular si el estudio piloto sugiere que es viable recolectar muestras que puedan utilizarse para el análisis del parentesco y la determinación epigenética de la edad.

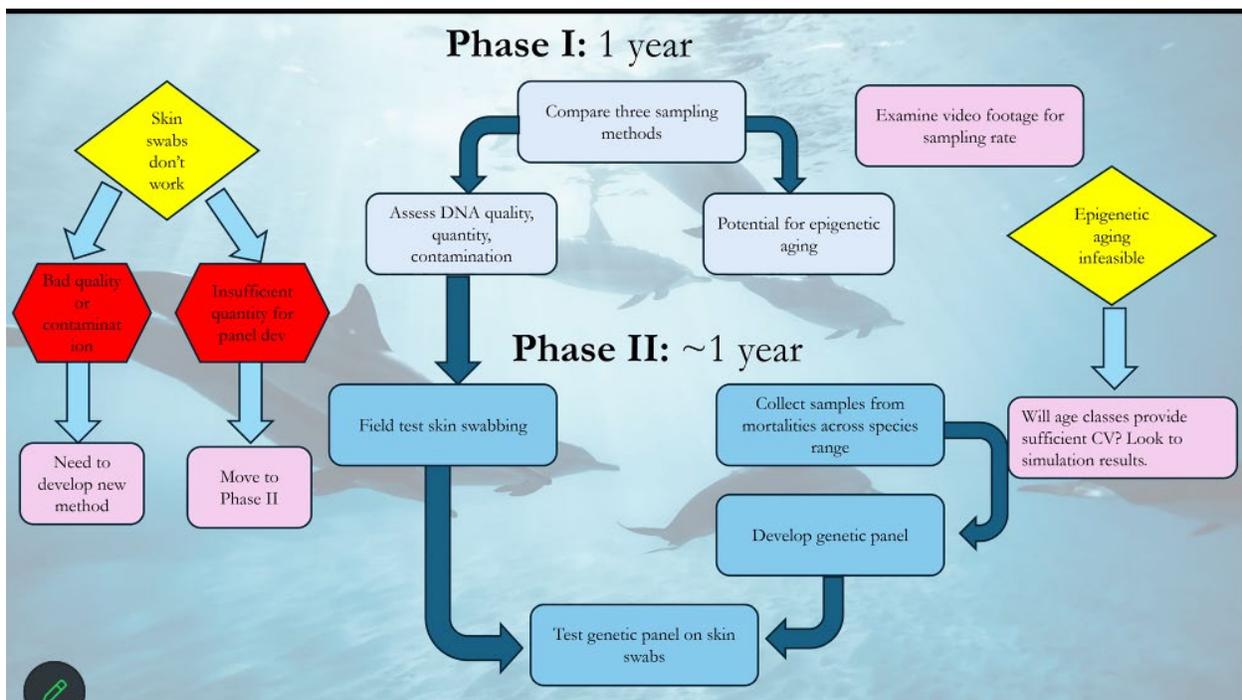


FIGURA 3. Resumen del proceso propuesto en dos fases para evaluar si es logísticamente viable obtener las muestras necesarias para la evaluación del parentesco y la determinación epigenética de la edad.

Los Anexos D-2 y D-3 contienen el análisis de deficiencias y el esquema del proceso de desarrollo de un modelo de simulación que sirva de base para el diseño del CKMR, respectivamente. Se observó que estas dos tareas están estrechamente relacionadas dado que la necesidad de investigaciones biológicas adicionales depende de que el modelo de simulación demuestre que la exactitud/precisión de una estimación de abundancia basada en el CKMR es sensible a la incertidumbre asociada. En principio, el factor más importante para el que pueden faltar datos es el desplazamiento. El tiempo necesario para desarrollar un modelo de simulación dependerá de la medida en que puedan utilizarse software genéricos (por ejemplo, CKMRpop; <https://eriqande.github.io/CKMRpop/>). También se señaló que el hecho de que las crías permanecen con sus madres hasta tres años podría influir en el desempeño del método CKMR y esto podría no estar incluido en la actual generación de modelos genéricos de simulación.

El Anexo D-4 proporciona información relacionada con las actividades que habría que llevar a cabo para permitir el uso de métodos de estudios aéreos digitales para la estimación de la abundancia.

El Presidente del APICD explicó que las propuestas de investigación discutidas en este taller deben ser presentadas al Consejo Científico Asesor (CCA) del APICD. Espera que las propuestas se presenten al CCA para que el APICD pueda considerar su financiamiento.

8. CLAUSURA

La reunión concluyó señalando que algunas de las notas conceptuales de los proyectos se completarían después del taller. El Presidente y el Dr. Aires-da-Silva agradecieron a los participantes su participación en las discusiones, que ayudarán a la CIAT a avanzar en el desarrollo de propuestas para obtener un posible financiamiento. Destacaron el carácter altamente colaborativo de las discusiones y agradecieron a la Sra. Mariana Ramos y a su equipo de PAST su trabajo de planificación y logística del taller.

9. REFERENCIAS

La lista incluye las referencias citadas en el informe y otras referencias de interés facilitadas por el Dr. Michael Scott (CIAT, jubilado).

- Barratclough, Ashley, Cynthia R. Smith, Forrest M. Gomez, Theoni Photopoulou, Ryan Takeshita, Enrico Pirota, Len Thomas, Abby M. McClain, Celeste Parry, Joseph A. Zoller, Steve Horvath, and Lora H. Schwacke. 2021. Accurate epigenetic aging in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*), an essential step in the conservation of at-risk dolphins. *Journal of Zoological and Botanical Gardens* 2, no. 3: 416-420. <https://doi.org/10.3390/jzbg2030030>
- Beal A.P., J.J. Kiszka, R.S. Wells, and J.M. Eirin-Lopez. 2019. The Bottlenose Dolphin Epigenetic Aging Tool (BEAT): A molecular age estimation tool for small cetaceans. *Front. Mar. Sci.* 6:561. doi: 10.3389/fmars.2019.00561
- Forney, K.A., D.J. St. Aubin, and S.J. Chivers. 2002. Chase encirclement stress studies on dolphins involved in Eastern Tropical Pacific purse-operations during 2001. Southwest Fisheries Science Center Admin. Rep. LJ-02-32
- Glennie, R., Buckland, S. T., Langrock, R., Gerrodette, T., Ballance, L. T., Chivers, S. J., & Scott, M. D. (2020). Incorporating animal movement into distance sampling. *Journal of the American Statistical Association*, 116(533), 107–115. <https://doi.org/10.1080/01621459.2020.1764362>
- Hedgepeth, J. B. 1985. Database for dolphin tagging in the eastern tropical Pacific, 1969-1978, with discussion of 1978 tagging results. Administrative Report No. LJ-85-03, NMFS, Southwest Fisheries Center, 8604 La Jolla Shores Drive, La Jolla, CA 92037. 40 pp.
- Hohn, A.A., M.D. Scott, R.S. Wells, A.B. Irvine, and J. Sweeney. 1989. Growth layers in teeth from known-age, free-ranging bottlenose dolphins. *Marine Mammal Sci.* 5(4):315-342.
- Johnson, K.F., Punt, A.E. and C.E. Lennert-Cody. 2018. Report of the Workshop on Methods for Monitoring the Status of Eastern Tropical Pacific Ocean Dolphin Populations. IATTC Special Report 22.
- Perrin, W. F. 1969. Color pattern of the eastern Pacific spotted porpoise *Stenella graffmani* Lonnberg (Cetacea, Delphinidae). *Zoological Journal, New York Zoological Society* 54:135-149.
- Perrin, W. F., W. E. Evans, and D. B. Holts. 1979. Movements of pelagic dolphins (*Stenella* spp.) in the eastern tropical Pacific as indicated by results of tagging, with summary of tagging operations. NOAA Technical Report NMFS SSRF-737. 14 pp.
- Peters KJ, Gerber L, Scheu L, Ciciarella R, Zoller JA, Fei Z, Horvath S, Allen SJ, King SL, Connor RC, Rollins LA, Krützen M. An epigenetic DNA methylation clock for age estimates in Indo-Pacific bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*). *Evol Appl.* 2022 Dec 15;16(1):126-133. doi: 10.1111/eva.13516. PMID: 36699128; PMCID: PMC9850008.
- Scott, M. D., and S. J. Chivers. 2009. Movements and diving behavior of pelagic spotted dolphins. *Marine Mammal Science* 25:137-160.

Anexo A: Participantes y observadores

<u>ASISTENTES - ATTENDEES</u>	
<u>MIEMBROS - MEMBERS</u>	
<u>COLOMBIA</u>	
LEONEL BOHORQUEZ Ministerio de Relaciones Exteriores leonel.bohorquez@cancilleria.gov.co	GERMAN FONSECA Programa Nacional de Observadores observadores@pescalimpia.org
GUSTAVO LARA Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible glara@minambiente.gov.co	
<u>ECUADOR</u>	
ANTHONY TAMAYO Universidad Laica Eloy Alfaro De Manabí anthonyestiven124@gmail.com	
<u>ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA – UNITED STATES OF AMERICA</u>	
AMANDA MUNRO NOAA/National Marine Fisheries Service amanda.munro@noaa.gov	PAUL CONN NOAA/National Marine Fisheries Service paul.conn@noaa.gov
<u>MÉXICO – MEXICO</u>	
PABLO ARENAS Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentables pablo.arenas@imipas.gob.mx	JAVIER DÍAZ Grupomar jdiaz@grupomar.mx
MARTHA BETANCOURT Fidemar martha.betancourt@uabc.edu.mx	ERNESTO ESCOBAR Pesca Azteca S.A. de C.V. eescobar@pescaazteca.com
MICHEL DREYFUS Cicese dreyfus@cicese.mx	JUAN NAVA Grupomar jnava@grupomar.mx
BERNARDINO MUÑOZ Conapesca bernardino.munoz@conapesca.gob.mx	IVONNE ORTIZ Alianza del Pacífico por el Atún Sustentable ortiz.ivonne@gmail.com
NORMA HERNANDEZ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste nhernan04@cibnor.mx	MARIANA RAMOS Alianza del Pacífico por el Atún Sustentable mariana@pacifictunaalliance.org
FAUSTO VALENZUELA Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste fvalenzuela@cibnor.mx	ALFONSO ROSIÑOL Grupomar arosinol@oceanoindustrial.com
MARIA CRISTINA ALVAREZ Procesamiento Especializado de Alimentos SA de CV cristina.alvidrez@procesa.mx	EVARISTO VILLA Pesca Azteca S.A. de C.V. evilla@pescaazteca.com
GUILLERMO COMPEAN Past gacompean@hotmail.com	
<u>NICARAGUA</u>	
RENALDY BARNUTY Inpesca rbarnutti@inpesca.gob.ni	JULIO GUEVARA Inpesca juliocgp@hotmail.com

<u>PANAMÁ- PANAMA</u>	
YARKELIA VERGARA Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá yvergara@arap.gob.pa ENRIQUE ESPINOSA Pronaob pronaob@pronaob.org	DAVID SIMANA Atún Sostenible info@atunsostenible.com
<u>VENEZUELA</u>	
ALVIN DELGADO Fundatun fundatunpnov@gmail.com	ABELARDO RIERA Fundatun fundatuncofa@gmail.com
<u>PANELISTAS-PANELISTS</u>	
JOANA CASTRO AIMM joana.castro@aimmportugal.org CAROLINE HÖSCHLE BioConsult SH c.hoeschle@bioconsult-sh.de ZACHARY JOHNSON HiDef Aerial Surveying LTD zack.johnson@hidesurveying.co.uk KELLY MACLEOD HiDef Aerial Surveying Ltd Kelly.Macleod@hidesurveying.co.uk	HEIDI PEARSON University of Alaska Southeast hpearson@alaska.edu ANDRE PUNT (PRESIDENTE DEL TALLER) University of Washington aepunt@uw.edu JOHN SWENSON University of Massachusetts jswenson@umass.edu
<u>ORGANIZACIONES NO GUBERNAMENTALES – NON-GOVERNMENTAL ORGANIZATIONS</u>	
FRANCISCO VERGARA Marine Stewardship Council francisco.vergara@msc.org	
<u>OBSERVADORES – OBSERVER</u>	
SIAN MORGAN SeaBright Solutions morgan.sian@gmail.com	ANDRE CID AIMM andre.cid@aimmportugal.org
<u>SECRETARÍA – SECRETARIAT</u>	
ARNULFO FRANCO, Director afranco@iattc.org DAN CREAR dcrear@iattc.org ALEXANDRE DA SILVA adasilva@iattc.org ROLANDO DENIS rdenis@iattc.org MELANIE HUTCHINSON melaniehutch11@gmail.com	MARK MAUNDER mmaunder@iattc.org CAROLINA MINTE-VERA cminte@iattc.org DAN OVANDO dovando@iattc.org MICHAEL SCOTT msscott.sdrp@gmail.com ENRIQUE UREÑA eurena@iattc.org BRAD WILEY bwiley@iattc.org

Anexo B: Agenda provisional

COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL

2nd TALLER SOBRE MÉTODOS PARA DAR SEGUIMIENTO A LA CONDICIÓN DE LAS POBLACIONES DE DELFINES EN EL OCÉANO PACÍFICO ORIENTAL TROPICAL

Ciudad de México, México
09-10 de mayo de 2024
(participación opcional por videoconferencia)

Jueves 9 de mayo

09:00 Palabras de bienvenida de los patrocinadores del taller (*Mariana Ramos, PAST*)

09:10 Discurso inaugural (*Andre Punt, Presidente*)

09:20 Presentación de antecedentes: Resultados y recomendaciones del 1^{er} taller (*Andre Punt, Presidente*)

09:40 Presentación de antecedentes: Visión general de la pesquería atunera de cerco en el OPO y actualización de las investigaciones sobre abundancia de delfines desde el 1^{er} taller (*Alex da Silva, Coordinador de Investigaciones Científicas de la CIAT*)

10:00 Presentación de antecedentes: Descripción de la operación de un lance de cerco sobre delfines en el OPO (*Enrique Ureña, Supervisor y Administrador del Programa de Observadores de la CIAT*)

10:30-10:45: Receso

10:45 Presentación de antecedentes: Una revisión de los métodos invasivos y no invasivos para recolectar muestras de tejidos de cetáceos que nadan libremente (*Heidi Pearson, University of Alaska Southeast*)

11:15 Presentación de antecedentes: Una revisión del marcado y recaptura por parientes cercanos (CKMR) (*John Swenson, U. Mass Amherst*)

12:00-13:00: Almuerzo

13:00 Sesión de discusión: CKMR

14:30-14:45: Receso

14:45 Sesión de discusión (cont.): CKMR

16:30:17:00 Comentarios del público

17:00:18:00 Esbozo del informe y notas conceptuales de propuestas de investigación (*Presidente/personal de la CIAT/grupos pequeños*)

19:00: Cena en grupo

Viernes 10 de mayo

09:00 Actualización del personal de la CIAT/grupos pequeños sobre las notas conceptuales de propuestas de investigación (*Personal de la CIAT/grupos pequeños*)

09:30 Presentación de antecedentes: Estudios aéreos digitales (*Kelly McLeod, HiDef*)

10:00 Propuesta de investigación: Estudios aéreos digitales de delfines en el POT (*Zack Johnson, HiDef*)

10:30-10:45: Receso

10:45 Presentación de antecedentes: Posibilidades de estudiar ballenas mediante imágenes satelitales (*Caroline Höschle, SpaceWhale*)

12:00-13:00: Almuerzo

13:00 Sesión de discusión: Proyectos de investigación

14:30-14:45: Receso

14:45 Sesión de discusión: Proyectos de investigación (cont.)

16:30:17:00 Comentarios del público

17:00:18:00 Esbozo del informe y notas conceptuales de propuestas de investigación (*Presidente/personal de la CIAT/grupos pequeños*)

19:00: Cena en grupo

Anexo C: Ejemplo de nota conceptual de propuesta de investigación

Código del PROYECTO: Nombre del proyecto	
Enlaces al Plan Científico Estratégico de la CIAT (a preparar por el personal)	
Objetivos	
Antecedentes	
Importancia para la ordenación	
Pros	
Contras	Por ejemplo, impacto en las actividades pesqueras.
Duración	X meses, años
Plan de trabajo (fases del proyecto)	Fases del proyecto, cronograma
Colaboradores externos	
Productos	Informes del CCA, etc.
Presupuesto (US\$)	Presupuesto desglosado

Anexo D: Notas conceptuales de las propuestas surgidas de las discusiones durante el taller

Anexo D-1

Viabilidad del muestreo (Fase I) y desarrollo del panel genético (Fase II) para el CKMR de delfines en el Océano Pacífico oriental tropical	
Enlaces al Plan Científico Estratégico de la CIAT (a preparar por el personal)	
Objetivos	<p>Fase I</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Determinar el número de muestras de hisopado de piel de delfines vivos que es posible recolectar de cada lance para calibrar el plazo para alcanzar los objetivos de tamaño de muestra. 2. Examinar la calidad, la cantidad y los niveles de contaminación del ADN tomado utilizando dos métodos diferentes de muestreo. 3. Evaluar la posibilidad de determinar epigenéticamente la edad de los animales a partir de diferentes muestras de tejidos. <p>Fase II (una vez finalizada la Fase I, si tiene éxito)</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Prueba de campo de hisopado de piel. 5. Recolectar 50-100 muestras de mortalidades en toda el área de distribución de la población. 6. Desarrollar un panel genético de alto rendimiento. 7. Probar el panel genético en hisopados de piel.
Antecedentes	<p>El marcado y recaptura por parientes cercanos (CKMR, por sus siglas en inglés) es un método prometedor para mejorar las evaluaciones de múltiples especies de delfines en el POT. Al depender de la asignación de parentesco basada en la genética para estimar los parámetros de población, un proyecto de CKMR a gran escala requiere un gran número de muestras de tejido que contengan ADN de alta calidad y no contaminado. Las limitaciones relacionadas con la viabilidad y el bienestar de los animales/humanos pueden impedir la recolección de muestras de tejido de alta calidad, lo que impediría la aplicación del CKMR; alternativamente, si estas limitaciones pueden superarse, entonces podría ser posible recolectar información vital relacionada con la estructura de las poblaciones, el parentesco, e incluso la edad a partir de una sola muestra de tejido, lo que ayudaría a facilitar el uso del CKMR para monitorear las poblaciones de delfines en el POT. La Fase I de este proyecto informará el diseño del muestreo para el CKMR mediante la evaluación del número de muestras de tejido que pueden ser recolectadas de delfines vivos de cada lance cerquero, así como la utilidad de muestras recolectadas usando dos métodos diferentes que satisfacen los criterios necesarios de viabilidad y bienestar. Además, se evaluará el potencial de aplicar la determinación epigenética de la edad a los tejidos de delfines. El resultado de la Fase I nos ayudará a evaluar la viabilidad de recolectar muestras para el CKMR y, si el muestreo se considera viable, optimizar los protocolos de muestreo antes de la aplicación potencial de este prometedor método.</p> <p>Si la Fase I tiene éxito, la Fase II del proyecto sentará las bases para ampliar los esfuerzos de muestreo y genotipado. Un equipo de tres investigadores se unirá a los pescadores de cerco y verificará las estimaciones de viabilidad de la recolección de muestras de la Fase I, y perfeccionará el protocolo de muestreo con</p>

	<p>hisopado de piel. Simultáneamente, se recolectarán muestras de biopsias de mortalidades en lances cerqueros en toda el área de distribución de la población, y estas muestras se utilizarán para desarrollar un panel genético de alto rendimiento que se centre en regiones de ADN que sean informativas para el parentesco y la estructura de la población. Por último, el panel genético se probará y perfeccionará con las muestras de hisopados de piel. Tras la Fase II, se dispondrá de los recursos y protocolos necesarios para aplicar el CKMR a gran escala.</p> <p>Es crucial que el muestreo perturbe lo menos posible las operaciones de pesca y sea seguro para los investigadores y los delfines, por lo que hemos incluido múltiples etapas para probar y perfeccionar el protocolo de muestreo. En términos más generales, hemos establecido varios puntos de control para este proyecto con el fin de garantizar que los fondos se utilicen correctamente y que no se malgasten los esfuerzos. Así pues, la Fase II no comenzará hasta que la Fase I se considere satisfactoria.</p>
Importancia para la ordenación	<p>El CKMR tiene el potencial de proveer estimaciones de cantidades de ordenación clave que han sido difíciles de obtener para poblaciones de delfines usando métodos alternativos, incluyendo estimaciones de abundancia absoluta de adultos, tasas de mortalidad natural, tendencia de las poblaciones (potencialmente), y otras cantidades. Si se considera que el CKMR es viable para los delfines en el OPO, el método puede proveer una estimación base de la abundancia de las poblaciones y una forma relativamente económica de seguir las tendencias de las poblaciones en el futuro.</p>
Pros	<ul style="list-style-type: none"> - El CKMR tiene el potencial de estimar parámetros poblacionales clave que son vitales para la evaluación de las poblaciones. - Tras las inversiones iniciales en la puesta en marcha del proyecto (esta propuesta) y una estimación base de la abundancia, los costos y esfuerzos necesarios para el monitoreo continuado de las poblaciones con CKMR son bastante razonables. - El proyecto propuesto incluye múltiples fases y puntos de control para garantizar una aplicación razonable de los fondos, el tiempo y el esfuerzo.
Contras	<ul style="list-style-type: none"> - Aunque los métodos de recolección de muestras propuestos son mínimamente invasivos para el animal, se requiere cierto contacto con delfines individuales para recolectar muestras para el CKMR, lo que puede perturbar a los animales y plantear riesgos de seguridad para los humanos (aunque los métodos propuestos se esfuerzan mucho por minimizar ambos). - La recolección de muestras puede retrasar las operaciones de pesca. Sin embargo, hemos incluido múltiples etapas de recolección de muestras y perfeccionamiento de protocolos para calibrar los métodos y las expectativas de tamaño de las muestras, a fin de mantener las perturbaciones al mínimo posible.
Duración	<p>Fase I: 1 año</p> <p>Fase II: 1.5-2 años</p>
Plan de trabajo (fases del proyecto)	<p>Fase I</p> <ul style="list-style-type: none"> - Revisar las grabaciones de drones existentes para evaluar el número probable de muestras de piel de delfines que pueden ser recolectadas de forma realista durante un lance cerquero. - Comparar la calidad, cantidad y niveles de contaminación del ADN de tres

	<p>tipos diferentes de tejido, todos recolectados de mortalidades naturales (n=3-10, dependiendo de la viabilidad):</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Hisopado de piel ○ Biopsia superficial ○ Biopsia regular <p>- Comparar el potencial para determinar epigenéticamente la edad de los animales utilizando los tres tipos de tejidos mencionados.</p> <p>Fase II</p> <ul style="list-style-type: none"> - Probar en campo y perfeccionar el protocolo de muestreo con hisopado de piel. - Recolectar muestras de biopsia de 50-100 mortalidades en toda el área de distribución de la población. - Utilizar la resecuenciación del genoma completo para desarrollar un panel genético de alto rendimiento que sea informativo sobre el parentesco y la estructura de las poblaciones. - Aplicar el panel genético a las muestras de hisopado de piel recolectadas durante las pruebas de campo y perfeccionar el panel según sea necesario.
Colaboradores externos	
Productos	Informes del CCA
Presupuesto (US\$)	<p>Fase I: \$20,000</p> <p>Fase II: \$245,000</p> <p>Total: \$265,000</p> <p>Ver la tabla siguiente para un desglose aproximado.</p>

Partida	Precio	Notas
Fase I		
Revisión de las grabaciones de video	\$4,000	
Determinación epigenética de la edad	\$10,000	
Calidad/cantidad de ADN	\$2,000	
Personal de muestreo	\$1,000	
Personal de laboratorio	\$2,000	\$100/hr x 20 hrs
Personal de bioinformática	\$1,000	\$100/hr x 10 hrs
Fase I - Total	\$20,000	
Fase II		
Personal de campo para realizar pruebas con hisopado de piel	\$100,000	Tres personas + vuelos
Personal de campo para recolectar muestras de mortalidades (para el desarrollo del panel genético)	\$10,000	
Desarrollo del panel	\$15,000	De Meek y Larson (2019)
Personal	\$120,000	Salario de 1 año
Fase II - Total	\$245,000	
TOTAL GENERAL	\$265,000	

Anexo D-2

Subsanación de deficiencias de datos sobre parámetros biológicos para la estimación de la abundancia basada en el CKMR		
Personal: Dan Crear, Melanie Hutchinson, Paul Conn, Dan Ovando, Michael Scott, Heidi Pearson		
Enlaces al Plan Científico Estratégico de la CIAT (a preparar por el personal)		
Objetivos	<p>Compilar todos los datos biológicos pertinentes al modelado de simulación de CKMR para delfines manchados y tornillo en el OPO. Cuando sean suficientes, podrán ser usados directamente en el desarrollo de modelos de CKMR. Cuando falten, podrán ser completados con estudios biológicos adicionales o mediante metaanálisis de especies comparables.</p>	
Antecedentes	<p>Los estudios de CKMR requieren datos biológicos básicos para formular modelos poblacionales y, en última instancia, probabilidades de parentesco. Esto incluye información sobre la supervivencia, los desplazamientos y la producción reproductora por edad.</p>	
Importancia para la ordenación	<p>El CKMR puede proporcionar estimaciones del tamaño de la población adulta y de la supervivencia de los adultos, pero las estimaciones dependen de la precisión de los parámetros de entrada. Para reducir la cantidad de error en torno a las estimaciones de abundancia derivadas del CKMR es necesario garantizar que se utilizan los mejores datos disponibles para la simulación.</p>	
Pros	<p>Permite una mayor precisión en el modelo de simulación y los resultados del CKMR.</p>	
Contras	<p>Si son necesarios estudios biológicos y de desplazamiento, se necesitarán tiempo y recursos considerables.</p>	
Duración	<p>De 6 meses (revisión bibliográfica) a varios años (si son necesarios estudios)</p>	
Plan de trabajo (fases del proyecto)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Llevar a cabo un análisis de las deficiencias de los parámetros biológicos necesarios para la simulación del CKMR para el diseño del estudio. 2. Trabajar con el equipo del modelo de simulación para priorizar las deficiencias que deben abordarse y cuáles no son tan influyentes y pueden despriorizarse. 3. Recolección de muestras biológicas (edad y crecimiento, reproducción) 4. Metaanálisis para la determinación de parámetros (préstamos de otras especies) 5. Realización de estudios biológicos y de desplazamiento (en caso necesario) 	
Colaboradores externos	<p>Programas de observadores, industria, instituciones académicas,</p>	
Productos	<p>Informes del CCA, etc.</p>	
Presupuesto (US\$)	<p>Recolección de muestras y estudios de laboratorio</p>	<p>Tiempo del personal (revisión bibliográfica)</p>

Anexo D-3

Modelado de simulación del proceso de CKMR de delfines	
Enlaces al Plan Científico Estratégico de la CIAT (a preparar por el personal)	
Objetivos	Realizar un modelado de simulación del proceso de CKMR de delfines
Antecedentes	El CKMR requiere un modelo de estudio y estimación adecuadamente diseñado para funcionar correctamente. Esta fase desarrollará un marco de modelado de simulación para generar datos estilo CKMR que reflejen el ciclo vital y los regímenes de muestreo presentes en la pesquería cerquera del OPO, junto con un modelo de estimación al cual se pasarán estos datos. El modelo de simulación usará probablemente uno de los marcos de simulación existentes diseñados para proyectos CKMR, probablemente CKMRpop, aunque la decisión final del marco de simulación necesitará ser tomada después de comparar las capacidades de simulación con los atributos biológicos clave identificados por la revisión del ciclo vital de los delfines. El modelo de simulación generará muestras de parentesco junto con metadatos simulados basados en atributos del ciclo vital y diseños de muestreo suministrados. Luego será necesario desarrollar un modelo personalizado de estimación de CKMR para estimar los parámetros detrás del modelo de simulación generador de datos. El CKMR se implementará probablemente en Stan o TMB. Además de los procesos de CKMR estándar, este modelo tendrá que tener en cuenta la posibilidad de una incertidumbre sustancial en la edad de los animales, así como las tasas de desplazamiento entre metapoblaciones.
Importancia para la ordenación	La conclusión con éxito de este proyecto proporcionará a los gestores información sobre el número de muestras de diferentes parejas de parentesco necesarias para alcanzar un nivel deseado de predicción sobre parámetros de interés, como la abundancia absoluta de las especies objetivo. También nos ayudará a comprender qué niveles de precisión en la determinación de la edad son necesarios para alcanzar los resultados deseados, y qué parámetros puede esperarse razonablemente que se estimen condicionados por la biología y las limitaciones de muestreo presentes en este sistema.
Pros	Proporcionará una base científica para tomar decisiones sobre el tamaño de las muestras necesarias y la calidad de los datos, además de fundamentar las expectativas sobre el tipo de parámetros que pueden estimarse y su posible precisión.
Contras	El principal contra de este proyecto es el uso del tiempo del personal y de los colaboradores.
Duración	12 meses o más
Plan de trabajo (fases del proyecto)	<ul style="list-style-type: none"> - Selección del marco de modelado de simulación basado en la colaboración con las conclusiones del equipo de revisión de ciclo vital. - Aprendizaje del funcionamiento del marco de modelado de simulación seleccionado. - Parametrización y ejecución de los modelos de simulación. - Revisión y validación del proceso de simulación. - Desarrollo del modelo de estimación de CKMR. - Prueba del modelo de estimación de CKMR basado en la generación de datos de parámetros fijos (es decir, capacidad del modelo para estimar correctamente los parámetros utilizados para generar datos a partir del propio modelo). - Si el desempeño del modelo de estimación de CKMR es satisfactorio con los datos generados internamente, ajustar el modelo CKMR a una serie de escenarios de simulación.

	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluar las métricas de desempeño de interés del CKMR en función de los estados de simulación. -Proporcionar recomendaciones sobre el diseño del muestreo de CKMR y los resultados probables basados en el estudio de simulación.
Colaboradores externos	<ul style="list-style-type: none"> Paul Conn John Swenson Mark Bravington
Productos	Informes del CCA, posible publicación
Presupuesto (US\$)	Tiempo del personal

Anexo D-4

Estimación de la abundancia absoluta de las poblaciones de delfines del POT a partir de estudios aéreos digitales	
Enlaces al Plan Científico Estratégico de la CIAT (a preparar por el personal)	
Objetivos	<p>Objetivo: Realizar un estudio para probar los métodos de campo y estadísticos que permitan estimar la abundancia absoluta de las poblaciones prioritarias de delfines en una subárea del núcleo del POT a partir de un estudio aéreo digital (DAS, por sus siglas en inglés).</p> <p>Fases: 1. Desarrollo: Análisis estadístico y equipo de cámaras digitales 2. Implementación del estudio (incluido el diseño del estudio) 3. Procesamiento y notificación de datos</p>
Antecedentes	<p>HiDef Aerial Surveying Ltd. ha estado trabajando con la Universidad de Auckland, Nueva Zelanda, para investigar cómo se pueden generar estimaciones de abundancia no sesgadas a partir de estudios aéreos digitales (DAS). En julio de 2022, HiDef llevó a cabo un DAS de doble plataforma (2 aeronaves) y aplicó un nuevo método de conglomerado de captura y recaptura (CCR) (Stevenson <i>et al.</i> 2019) para estimar la abundancia absoluta de marsopa común (<i>Phocoena phocoena</i>), corrigiendo por el tiempo pasado bajo la superficie (disponibilidad). Mientras que el CCR demostró ser eficaz desde el punto de vista computacional, los métodos de campo y analíticos requirieron el uso de dos aeronaves de estudio, un ejercicio más costoso, tanto financieramente como en términos de contribuciones de carbono. Para hacer frente al desafío de realizar DAS en el POT, desarrollaremos una solución que comprende un equipo de cámaras a medida en una sola aeronave y un enfoque estadístico para generar estimaciones no sesgadas de la abundancia de delfines a partir de los DAS. La autonomía de la aeronave limita la extensión del POT que puede ser estudiada; nos centramos en el estudio dentro del estrato núcleo. HiDef trabaja actualmente con un proveedor de servicios de Estados Unidos que dispone de aeronaves adecuadas de largo alcance (King Air), lo que nos permite maximizar la extensión en alta mar del estrato de estudio. Para demostrar las capacidades, proponemos un esfuerzo de estudio de ~17,000 km dentro de los sustratos del bloque de estudio núcleo tradicional y el Golfo de California. Esto puede lograrse en 18 días de estudio aéreo por un costo de 1.16 millones de dólares; a modo de comparación, el costo del flete de buques para lograr 17,000 km de transecto asciende a ~3.7 millones de dólares. A un tercio del costo, el trabajo de desarrollo para realizar un DAS en el POT presenta un enfoque rentable para el monitoreo a largo plazo de las poblaciones de delfines.</p>
Importancia para la ordenación	<p>Un mayor desarrollo de las metodologías de estudios aéreos digitales tiene el potencial de proporcionar estimaciones de abundancia para poblaciones prioritarias de delfines del POT. Ha habido una interrupción en las estimaciones actualizadas de abundancia absoluta debido a los estudios desde buques, que son prohibitivamente caros. La introducción de los DAS ofrece una solución para el monitoreo a largo plazo de la abundancia absoluta y las tendencias. Los DAS también permiten recolectar datos sobre múltiples taxones y actividades simultáneamente, incluidas otras especies de interés (por ejemplo, los atunes) y actividades (por ejemplo, la pesca). Estos datos podrían contribuir a subsanar otras deficiencias de datos o necesidades de pruebas para la ordenación.</p>
Pros	<ul style="list-style-type: none"> - Los estudios aéreos son más rentables que los estudios desde buques. - Las aeronaves pueden movilizarse fácilmente para aprovechar las condiciones meteorológicas adecuadas. - No se depende de observadores humanos, lo que reduce los problemas de salud y seguridad. - Alturas de vuelo elevadas (>1600 ft), grandes extensiones (>500 m) y alta resolución (GSD = 2cm). - Las cámaras están en ángulo (aumenta el índice de identificación de especies); pueden girarse (minimiza el deslumbramiento).

	<p>- Se pueden recolectar datos de múltiples taxones y actividades, y son totalmente auditables.</p> <p>- El algoritmo de detección de objetos reducirá los costos en el futuro.</p> <p>- Mejor estimación del tamaño de las manadas y registro de manadas multiespecíficas.</p> <p>- Tras la inversión inicial, es probable que se reduzcan los costos de los estudios futuros.</p>
Contras	<p>- Los estudios DAS son una metodología bien establecida y ampliamente implementada.</p> <p>- No son invasivos y su elevada altitud de vuelo no supone una amenaza de perturbación para la megafauna marina.</p> <p>- Requiere condiciones ambientales adecuadas para la movilización de los vuelos.</p>
Duración	<p>Cronograma tentativo en función del financiamiento:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Desarrollo: Análisis estadístico y equipo de cámaras digitales: octubre 2024 - junio 2025 (9 meses) 2. Implementación del estudio (incluido el diseño del estudio): julio - agosto de 2025 (2 meses) 3. Procesamiento y notificación de datos: septiembre - marzo 2026 (7 meses)
Plan de trabajo (fases del proyecto)	<p>1. Desarrollo: Análisis estadístico y equipo de cámaras digitales:</p> <p>El enfoque estadístico para la estimación de la abundancia a partir de datos de DAS de múltiples cámaras se basa en la metodología de muestreo de distancia de marcado y recaptura (MRDS, por sus siglas en inglés). Puede lograrse mediante el diseño de un equipo de cámaras con tres cámaras orientadas hacia delante y tres orientadas hacia atrás. Cada conjunto de tres cámaras captura una franja de una anchura de ~400 m, y el retardo de tiempo entre las imágenes hacia adelante y hacia atrás crea una configuración de marcado y recaptura en la que las manadas de delfines que no son detectadas por las cámaras que apuntan hacia adelante tienen la posibilidad de ser detectadas por las cámaras que apuntan hacia atrás, y viceversa. En teoría, el equipo puede lograr retrasos de hasta 30 segundos. Se podrá alcanzar GSD de ~2 cm para permitir altos índices de identificación de especies. El equipo se probará en una prueba en el Reino Unido y se revisarán las imágenes para garantizar que se cumplen las especificaciones requeridas.</p> <p>Para el análisis de los datos se requiere un desarrollo estadístico adicional, idealmente basado en datos de estudios anteriores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar el retardo de tiempo óptimo entre las imágenes de las cámaras de adelante y atrás para equilibrar el muestreo eficaz del ciclo superficie/inmersión con el grado de desplazamiento de los animales y la incertidumbre de la identificación; • Crear un método para las detecciones digitales de delfines individuales en manadas; • Crear un modelo de desplazamiento a nivel de manada, reconociendo que algunas manadas estarán solo parcialmente dentro de la vista de la cámara; • Crear un método para estimar el tamaño de las manadas, reconociendo que no todos los animales de una manada se pueden detectar simultáneamente; • Evaluar los métodos ya desarrollados para tratar la incertidumbre en el cotejo de duplicados; seleccionar y perfeccionar en función de la precisión y exactitud de las simulaciones basadas en datos. • En todos los pasos anteriores, reconocer que los DAS proporcionan una ubicación GPS para cada detección, que no está disponible convencionalmente (aunque HiDef ha desarrollado recientemente el enfoque). Habrá que adaptar los métodos para explotar esta nueva información. <p>2. Implementación del estudio (incluido el diseño del estudio):</p> <p>Para maximizar la extensión del estrato de estudio en alta mar, proponemos utilizar al menos un King Air 360 (con una autonomía de 2,100 km) para llevar a cabo el estudio, y el diseño/costo ilustrativo se basa en esta premisa. A falta de datos piloto, se optó por un estudio que pudiera realizarse en 2-3 semanas de tiempo de vuelo; el diseño resultante requiere 18</p>

días de tiempo de estudio en las condiciones requeridas. Se identifican dos estratos de estudio: Core_DAS (3m km²) y Golfo de California (GdC) (0.25m km²). El Director del Programa Norteamericano de HiDef (NAPM) y el equipo de operaciones de HiDef se encargarán de la gestión de las operaciones aéreas. El equipo de estudio a medida se enviará antes del estudio para que los ingenieros de HiDef lo instalen y lo prueben en la aeronave. HiDef trabaja actualmente con un proveedor de servicios aéreos que pueda prestar servicio en la región del POT. La clave del éxito es la identificación de aeropuertos y pistas de aterrizaje para el reabastecimiento de combustible diario. Será necesario obtener la autorización de varios países para realizar vuelos antes del estudio. Las imágenes y los datos de GPS se graban continuamente en discos duros de estado sólido. Al final de cada estudio, se recolectarán los discos duros y el NAPM gestionará la transferencia de datos al Reino Unido para su procesamiento.

3. Procesamiento y notificación de datos:

En un plazo de siete días hábiles a partir de la finalización del estudio, proporcionamos un informe detallado con un registro del estudio, una breve descripción del mismo y cualquier incidencia. Si los plazos lo permiten, utilizaremos nuestro algoritmo de detección automática de objetos (HiDeFIND¹) para revisar las imágenes del estudio y a nuestro equipo de expertos en identificación para identificar las especies. Toda la recolección de datos y su procesamiento están estrictamente definidos por nuestro Sistema de Gestión de Calidad interno. HiDef proporcionará un informe final con una visión general de todos los datos recolectados, pero se centrará en los métodos desarrollados para estimar la abundancia de delfines. El informe incluirá detalles del análisis, estimaciones de abundancia para las especies prioritarias, junto con recomendaciones para el trabajo futuro. El método estadístico estará disponible en un paquete R.

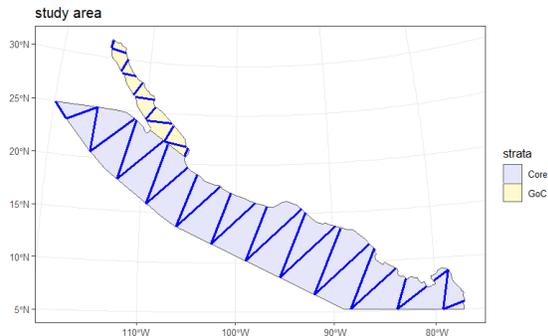


Figura 1: Ejemplo de diseño de estudio en zig-zag para DAS.

Colaboradores externos	
Productos	<ul style="list-style-type: none"> • Datos brutos • Todos los datos y resultados del estudio se presentarán en formato digital para su integración en un Sistema de Información Geográfica (SIG) • Paquete R del enfoque de análisis desarrollado • Informe final

¹ HiDef solicita que las imágenes de delfines identificados puedan ponerse a su disposición y contribuir al conjunto de datos de entrenamiento para la IA.

Presupuesto (US\$)	Fase	Paquete de trabajo	Descripción	Costo (\$)
	1.	PT1: Desarrollo de equipo de cámaras digitales	Desarrollo de equipo a medida y vuelo de prueba en el Reino Unido	83,136
		PT2: Desarrollo del análisis estadístico	Desarrollo de un método estadístico para la estimación de la abundancia absoluta de especies prioritarias de delfines	20,000
	2	PT3: Implementación del estudio	Diseño del estudio; envío del equipo, instalación, vuelo de prueba. Realización de los vuelos de estudio - obtención de datos (18 días) y procesamiento* (17 días)	1,015,799
	3	PT4: Procesamiento y notificación de datos	Informes de finalización del estudio; Informe final	35,863
		TOTAL		1,154,798

*El uso del algoritmo de IA de HiDef (que se está desarrollando actualmente) también supondrá, en última instancia, un ahorro de costos en el procesamiento de datos.