

Recopilación de datos para la evaluación de los impactos de los eventos de varamiento de Dispositivos de Concentración de Peces (DCP)

Maria C. Uyarra¹, Iker Zudaire¹, Alex Salgado¹, Maitane Grande¹, Jefferson Murua¹, Ekaitz Erauskin¹, Robert Bullock², Henriette Grimmel², y Josu Santiago¹

Resumen

Los Dispositivos de Concentración de Peces (DCP) se utilizan ampliamente en las pesquerías de cerco de atún tropical en todo el mundo. Estos DCP son rastreados mediante boyas con ecosonda equipadas con GPS. Cuando los DCP derivan fuera de las zonas de pesca, pueden alcanzar áreas costeras y quedar varados. Sin embargo, pocos estudios han evaluado el impacto de los DCP varados en ecosistemas sensibles como los arrecifes de coral.

El objetivo de este estudio es identificar los factores que contribuyen al daño causado por el varamiento de DCP, proponer metodologías para evaluar sus impactos en los arrecifes de coral y establecer buenas prácticas para la recopilación de datos. Para lograr estos objetivos, se realizaron trabajos de campo en el arrecife de coral de la isla D'Arros y el atolón Saint Joseph en el Océano Índico, donde se desarrolló y probó un marco metodológico con potencial de aplicación en ecosistemas marinos similares a nivel mundial.

Se implementaron con éxito los métodos de Intercepción Lineal y Cuadrantes Fotográficos. Basado en la experiencia de muestreo in situ, este estudio presenta directrices para la recopilación de datos relacionados con eventos de varamiento de DCPs.

1. Introducción

Los Dispositivos de Concentración de Peces (DCP) fueron introducidos en la pesca de atún tropical a principios de los años 90. Su uso ha aumentado en las últimas décadas hasta que se adoptaron por parte de las Organizaciones Regionales de Ordenación Pesquera (OROP) medidas regulatorias, como límites en el número de DCP, para revertir esta tendencia y mitigar sus impactos. Estas

¹ AZTI, AZTI, Marine Research, Basque Research and Technology Alliance (BRTA). Herrera Kaia, Portualdea z/g, 20110 Pasaia – Gipuzkoa, Spain

² Save Our Seas Foundation–D'Arros Research Centre, Geneva, Switzerland

medidas fueron implementadas inicialmente de forma voluntaria por la flota de la UE y progresivamente adoptadas por las OROP en todo el mundo: primero en el Océano Índico por la Comisión de Túnidos del Océano Indico de (CTOI) en 2015, luego en el Atlántico por la Comisión Internacional para la Conservación del Atún en el Atlántico (CICAA) en 2016 y finalmente en el Pacífico por la Comisión InterAmericana del Atun Tropical (CIAT) y WCPFC en 2017.

Actualmente, el número de boyas operativas activas por cerquero y día oscila entre 300 y 425. Los DCP están compuestos generalmente por una balsa flotante y un apéndice sumergido, cuya profundidad varía según el océano. Tradicionalmente, se han utilizado para su construcción materiales plásticos derivados del petróleo (como redes de poliamida y cuerdas de polietileno), aunque en los últimos años se han comenzado a reemplazar por materiales biodegradables y no enmallantes.

A pesar de que los DCP a la deriva son monitorizados a tiempo real gracias a las boyas con ecosonda y conexión GPS, las flotas atuneras no tienen la capacidad de recuperar todos los DCP cuando estos salen de las zonas de pesca, lo que resulta en su desactivación, pérdida y contribución a la basura marina. En algunos casos, los DCP pueden terminar varados en áreas costeras de alto valor turístico o en hábitats sensibles como los arrecifes de coral. Evaluar con precisión la magnitud real de estos eventos de varamiento sigue siendo un desafío, ya que la una vez los FADs salen de la zona de pesca las boyas se desactivan y se interrumpe el seguimiento activo del FAD.

Reconociendo los impactos derivados de la pérdida y el varamiento de los DCPs, las OROPs continúan promoviendo medidas de mitigación y gestión orientadas a mejorar el uso de los DCP. Estos esfuerzos incluyen la transición hacia materiales biodegradables, guiada por un calendario de implementación establecido, el apoyo a programas de recuperación de DCP (ICCAT 24-01; IOTC 24-02; WCPFO CMM 23-01; IATTC 23-04), y el fortalecimiento de los sistemas de monitoreo de DCP.

Se están implementando programas de recuperación de DCP para recoger aquellos que se aproximan o alcanzan zonas costeras, evaluar la magnitud de los eventos de varamiento y realizar análisis de sus impactos (Banks & Zaria, 2020; Balderson & Martin, 2015; Escalle et al., 2022; Heile et al., 2023; Kimak et al., 2025; Mourot et al., 2023). Sin embargo, pocos estudios se han centrado en evaluar cuantitativamente los impactos de los DCP varados o en establecer directrices estandarizadas para la recopilación de datos que permitan armonizar estos análisis entre programas (Escalle et al., 2022), siendo la recopilación de datos in situ es esencial para cuantificar con mayor precisión los impactos de los DCP en los entornos marinos y costeros (Escalle et al., 2022).

El objetivo de este trabajo es identificar los factores que contribuyen al daño causado por el varamiento de DCP, proponer metodologías para evaluar sus impactos en los arrecifes de coral y establecer buenas prácticas para la recopilación de datos. Para ello, se llevó a cabo un estudio de

campo in situ en la isla coralina de D'Arros, en el Océano Índico, donde se desarrolló y probó un marco metodológico con potencial de aplicación en ecosistemas marinos similares a nivel global.

2. Daños de los DCP en los arrecifes de coral

Se llevó a cabo un análisis bibliométrico, respaldado por una revisión de literatura, con el objetivo de identificar los principales temas abordados en la bibliografía relacionados con los factores que generan impactos en los arrecifes de coral en el Océano Índico. Este enfoque también sirvió como indicador para comprender mejor las amenazas reales que enfrentan los ecosistemas coralinos (Uyarra et al., 2023).

El cambio climático (calentamiento y acidificación) fue identificado como la amenaza más importante que afecta a los arrecifes de coral, tal como se refleja en la lista de especies amenazadas publicada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), seguido por la “contaminación” y el “desarrollo residencial y comercial” (Burke et al., 2017; Bullock et al., 2021). Las proyecciones de escenarios de cambio climático estiman que la proporción de arrecifes amenazados aumentará al 85% para el año 2030 y al 100% para 2050, con un 65% clasificado como altamente o muy altamente amenazado. Entre las amenazas locales, la pesca fue identificada como la actividad más relevante con efectos negativos sobre los arrecifes de coral (Burke et al., 2011; Sauter et al., 2020). Se estima que la sobrepesca por sí sola afecta aproximadamente al 60% de los arrecifes. Además, en ciertas áreas, los arrecifes de coral se han visto amenazados directamente por la actividad pesquera (Burke et al., 2011).

La basura marina, particularmente en relación con los DCP, no apareció en la revisión bibliográfica como una fuente importante de daño para las comunidades coralinas (Uyarra et al., 2023). En el Océano Índico, Duhec et al. (2015) estudiaron las características y fuentes de residuos marinos en la isla Alphonse y concluyeron que la mayoría de los desechos encontrados provenían del sudeste asiático y Somalia. Solo el 2% del total de residuos marinos identificados en ese estudio fueron clasificados como “elementos relacionados con la pesca”. Vogt-Vincent N. y A. Burt (2023) modelaron el flujo de residuos plásticos en el Océano Índico entre 1993 y 2019, rastreando su origen hasta regiones específicas. Concluyeron que una proporción significativa de la basura marina varada en Seychelles proviene de Asia, particularmente de Indonesia, mientras que las islas interiores recibieron principalmente residuos de India y Sri Lanka. Por lo tanto, comprender estas conexiones en cada región es esencial para detectar áreas costeras significativamente afectadas por los DCPs (Escalle et al., 2022).

Comprender el daño físico potencial causado por los DCPs a los arrecifes de coral requiere considerar diversos factores que influyen en las respuestas específicas de las especies a dicha interacción (por ejemplo, el estado de conservación de las especies, el tipo de crecimiento y las tasas de crecimiento). En cuanto a la evaluación del daño causado por los DCPs, pocos estudios se han centrado en caracterizar y cuantificar sus impactos sobre los arrecifes de coral (véanse

Balderson & Martin, 2015; Zudaire et al., 2018; Banks & Zaharia, 2020; Consoli et al., 2020; Escalle et al., 2022; Mouret et al., 2023; Uyarra et al., 2023). Según estos estudios, el daño a los arrecifes de coral se atribuye principalmente a los apéndices sumergidos de los DCPs, especialmente cuando se utilizan redes en su construcción. No obstante, observaciones de campo han identificado elementos adicionales como cuerdas, atrayentes y pesos como posibles fuentes de daño (véase Tabla 1).

Tabla 1. Evidencia de los impactos de los DCP en los arrecifes de coral encontrada en la revisión bibliográfica y en el trabajo de campo (Fuente: Uyarra et al., 2023)

Part of equipment	Type of interaction	Type of damage	Bibliographic evidence
Buoys	None		
Structure	Collision Shading Entanglement	Coral injuries	Fieldwork
Nets (e.g., aggregator nets, structure nets, sausage nets)	Shading Entanglement	Coral entanglement / injuries	Balderson & Martin, 2015 Consoli et al. 2020 Banks & Zaharia 2020 Zudaire et al. 2018 Fieldwork
Ropes	Shading Entanglement	Coral entanglement / injuries	Fieldwork
Attractors	Entanglement	Coral entanglement / injuries	Fieldwork
Weight	Collision Shading Entanglement	Coral injuries	Phase 2

Los impactos que los DCPs pueden causar en los corales se pueden clasificar en tres categorías (definiciones derivadas y adaptadas de Burns et al., 2018):

- **Raspado / Abrasión:** cicatrices en el tejido vivo del coral causadas por la colisión de los DCPs con el arrecife.
- **Rotura:** fragmentos de coral roto dispersos en el bentos, provocados por el impacto de los DCPs contra el arrecife.
- **Mortalidad tisular:** áreas o fragmentos de tejido coralino que presentan muerte completa del tejido como resultado de una colisión, contacto o asfixia causada por los DCPs.

El tipo y la severidad del daño resultante de las interacciones entre los DCPs y los arrecifes de coral, y en consecuencia, la capacidad de recuperación del arrecife, dependen de varios factores. Entre ellos se incluyen la intensidad y duración de la interacción, el componente específico del DCP involucrado, las características ambientales (por ejemplo, la estructura del arrecife), las especies afectadas y presiones localizadas adicionales propias del área.

La severidad del daño aumenta con la intensidad de la interacción, la cual puede estar influenciada por factores como la velocidad del viento y de las corrientes, la altura de las olas y el tiempo de exposición. Cuanto más prolongada y fuerte sea la interacción, mayor será el potencial de daño al arrecife. Una interacción intensa puede provocar la remoción del tejido coralino, lo que permite que otros organismos se asienten y compitan con los corales por el espacio. El contacto directo prolongado entre los corales y los DCPs puede impedir que las algas simbióticas zooxantelas del coral accedan a la luz, lo que dificulta la fotosíntesis y puede provocar asfixia y, en última instancia, la muerte del coral.

Por tanto, el diseño de los DCP puede influir en el tipo y la magnitud del daño que pueden causar. La literatura revisada y las observaciones realizadas durante el trabajo de campo sugieren que los componentes de red (por ejemplo, DCPs de tipo “jaula” construido con red, o redes enrolladas sobre si misma), utilizados en el Océano Índico antes de 2020 (cuando la Resolución 19-02 prohibió su uso), antes del 2024 en el Pacífico occidental y hasta 2025 en el Pacífico oriental y el Atlántico, están generalmente implicados en daños a los corales (Balderson & Martin, 2015; Banks & Zaharia, 2020; Consoli et al., 2020; Zudaire et al., 2018).

Dado que la estructura de red puede enredarse fácilmente con el arrecife, e incluso continuar derivando generando tensión adicional, puede provocar abrasión, rotura o mortalidad coralina. El contacto permanente de la red (o de cualquier otra parte del DCP) puede resultar en la muerte del coral, especialmente si la estructura de la balsa del DCP se hunde sobre el arrecife durante el varamiento. Otros componentes que pueden interactuar negativamente con los corales son el peso suspendido, que puede colisionar con los corales causando lesiones y/o roturas, y los elementos atrayentes, que se enredan fácilmente en los arrecifes (Uyarra et al., 2023).

Las condiciones ambientales como las corrientes marinas y el viento son determinantes para establecer dónde se agrupan y varan los DCP (Imzilin et al., 2019; Kahn et al., 2020). Además, la estructura y zonación del arrecife pueden ser factores importantes que influyen en cómo los arrecifes interactúan y se ven afectados por los DCP.

Las zonas del arrecife identificadas por Banks & Zaharia (2020) son las siguientes:

- **Cresta del arrecife (Reef crest):** es el punto más alto del arrecife, donde rompen las olas y se recibe el impacto total de la energía del oleaje. Puede emerger durante la marea baja, lo que genera condiciones de vida extremas para los corales (KSLOF, 2014).
- **Frente del arrecife (Fore reef):** es la parte del arrecife que se extiende desde la cresta hacia el océano. Tiene una pendiente descendente que puede alcanzar grandes profundidades (KSLOF, 2014). Puede estar interrumpido por terrazas o llanuras sedimentarias. Está expuesto a alta energía del oleaje en la zona somera y a baja energía en la zona intermedia (5–20 m).

- **Parte posterior del arrecife (Back reef):** es el área que desciende hacia una laguna. A menudo es somera y puede quedar expuesta durante la marea baja (KSLOF, 2014). Está expuesta a baja energía del oleaje.
- **Laguna y arrecifes lagunares:** son cuerpos de agua marina altamente o parcialmente encerrados dentro de una formación arrecifal (atolones) o entre un arrecife y la costa (arrecifes de barrera) (KSLOF, 2014). Son áreas expuestas a baja energía del oleaje, fluctuaciones de marea, corrientes someras y pueden presentar estructuras de fondo complejas (pilares de coral, pináculos y “boomies”) (Barott et al., 2010).
- **Planicie arrecifal (Reef flats):** es el área situada detrás de la cresta del arrecife, protegida de la acción del oleaje. Puede extenderse desde unos pocos metros hasta varios kilómetros. Presenta baja energía del oleaje, bajos niveles de oxígeno disuelto, altas temperaturas y puede quedar expuesta al aire durante la marea baja (KSLOF, 2014).

En un estudio sobre los beneficios y costos de los DCPs en el Pacífico occidental y central, Banks & Zaharia (2020) encontraron que los DCPs varaban principalmente en las planicies arrecifales, seguidos por el frente del arrecife y los arrecifes lagunares. Según KSLOF (2014), el frente del arrecife es la zona más sensible, ya que en su zona intermedia presenta el mayor crecimiento coralino y la mayor diversidad de especies.

Además, el tipo de coral —ya sean corales blandos (por ejemplo, octocorales o gorgonias/plumas marinas) o corales duros (por ejemplo, escleractinios)— puede determinar el tipo de daño resultante de la interacción con los DCP. Los corales duros pueden sufrir cicatrices y roturas, mientras que los corales ramificados o en forma de plato son más susceptibles a romperse (Au et al., 2014). Dependiendo de la especie de coral blando, estos pueden resistir la interacción o romperse. Su capacidad de recuperación dependerá de las tasas y tipos de crecimiento, que son específicos de cada especie.

3. Enfoque metodológico para la realización de estudios submarinos

Los impactos de los DCPs sobre los arrecifes de coral han sido escasamente estudiados. La investigación científica se ha centrado principalmente en definir las áreas donde los DCP derivan, se acumulan y encallan, así como en describir su interacción con hábitats de fauna marina (por ejemplo, tortugas marinas) (Maufroy et al., 2015; Maufroy et al., 2018; Imzilen et al., 2022; Escalle et al., 2019; Escalle et al., 2024).

Basándose en el trabajo de Uyarra et al. (2023), el presente estudio tiene como objetivo proporcionar un marco metodológico estandarizado para caracterizar los impactos potenciales de los DCPs sobre las comunidades de corales y peces. Se probaron varias metodologías, y a continuación se describen aquellas seleccionadas. Estas metodologías son adecuadas para

hábitats de pastos marinos, arrecifes parcheados y arrecifes de banco, lo que permite la estandarización de estudios futuros destinados a evaluar los impactos de los DCP en hábitats arrecifales. La aplicación de este protocolo en hábitats arrecifales escarpados o acantilados requeriría adaptaciones, ya que podría comprometer la seguridad de los buceadores.

Para este ejercicio, se seleccionaron la isla D'Arros y el atolón Saint Joseph (Fig. 1) en el Océano Índico, basándose en los siguientes criterios:

- Localización próxima a zonas de pesca de atún con uso de DCP.
- Presencia identificada de DCP abandonados en una evaluación preliminar de eventos de varamiento, utilizando la posición GPS de boyas con ecosonda acopladas a los DCP.
- Disponibilidad de arrecifes de coral.
- Infraestructura de buceo disponible.
- Áreas vírgenes con amenazas antropogénicas mínimas.

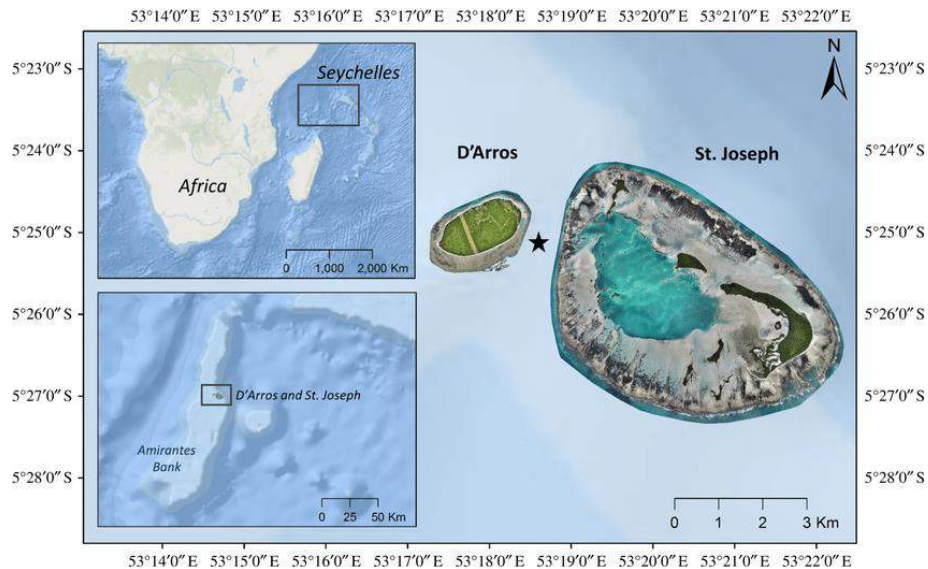


Fig 1. Area de muestreo: D'Arros Island y Saint Joseph Atoll (fuente Peel et al., 2019)

El objetivo del muestreo fue determinar el impacto de los DCPs sobre los arrecifes de coral. Para alcanzar este objetivo, el equipo:

- Evaluó el impacto potencial de los DCP sobre los corales y las comunidades de peces, derivado de la tensión generada por las olas, corrientes y vientos entre la parte flotante y la cola enredada de un DCP abandonado.
- Analizó los cambios en la cobertura de coral vivo y muerto, la presencia de cicatrices y roturas, comparando sitios con DCP frente a sitios "control".
- Exploró las diferencias en la riqueza y abundancia de especies de peces entre los sitios con DCP y los sitios control.

El proyecto piloto se llevó a cabo utilizando cuatro DCPs varados existentes, cada uno emparejado con un sitio control correspondiente, ubicado aproximadamente a 100 metros de distancia y caracterizado por tener una comunidad coralina y una profundidad similares a las del sitio donde se encontró el DCP varado.

La evaluación de los impactos de los DCP sobre los arrecifes de coral se realizó utilizando datos de estos cuatro DCPs. Se compararon la composición de corales y peces entre los sitios con DCP y sus respectivos sitios control. Debido a la alta variabilidad en los tipos de hábitat donde se encontraron los DCPs (es decir, uno en pastos marinos, dos en arrecifes parcheados y uno en arrecife) y a las condiciones del muestreo (el acceso a la laguna dependía de las mareas, lo que afectaba el momento del muestreo y potencialmente influía en la abundancia y riqueza de peces), así como al número limitado de DCP (N=4), los resultados de este estudio no pueden integrarse ni utilizarse para extraer conclusiones generales o extrapolar hallazgos.

Por lo tanto, los resultados se presentan de forma independiente para cada DCP y su sitio control correspondiente. En consecuencia, las evaluaciones de impacto obtenidas en este estudio deben considerarse como observaciones ilustrativas más que como conclusiones definitivas. Se presentan como ejemplos de los resultados obtenidos mediante la aplicación del enfoque metodológico propuesto.

3.1. Estudios bentónicos de arrecifes de coral

El objetivo del estudio fue definir la mejor metodología para estudiar los impactos potenciales de los DCP y obtener resultados preliminares sobre cuáles podrían ser sus impactos en las comunidades de arrecifes de coral. Esto se logró mediante:

- Evaluando las condiciones de los corales utilizando diferentes metodologías (es decir, transectos y cuadrantes fotográficos), para permitir identificar el rendimiento de ambas metodologías para este tipo de estudios. Ambas metodologías se aplicaron en todos los sitios con DCP y sitios control.
- Registrando y comparando la composición de la cobertura bentónica (es decir, coral vivo, coral muerto, escombros, roca, arena, algas, otros) entre los sitios con DCP y sitios control; siempre que fue posible, la identificación del coral vivo se realizó a nivel de género/especie.

Los estudios submarinos fueron realizados por tres buceadores. El sitio control se seleccionó a una distancia mínima de 60 m del sitio con DCP, en un área con el mismo tipo de hábitat y características (por ejemplo, profundidad). Sería recomendable aumentar la distancia mínima del DCP emparejado a 150 m, especialmente si el área del hábitat es plana, ya que el área de impacto del DCP podría cambiar y expandirse debido al movimiento del DCP e incluso volver a encallar como resultado de las corrientes y los vientos de diferentes direcciones.

Una vez identificados los sitios con DCP y/o los sitios control, se llevaron a cabo los siguientes pasos para completar el estudio bentónico del arrecife de coral:

- Paso 1. Registrar las coordenadas GPS.
- Paso 2. Marcar el sitio con DCP/control utilizando una boya de marcación en el centro del sitio de estudio. Los siguientes casos fueron posibles:
 - DCP disponible y balsa flotante: la marcación se ubicaría en el punto donde el peso (es decir, el elemento de anclaje del DCP) o el extremo más lejano de la estructura subsuperficial (cuando el peso no está disponible) contacta con el sustrato.
 - DCP disponible y estructura superficial descansando sobre el sustrato: la marcación se colocaría en el medio de la estructura superficial. Esto normalmente se facilitaría por la presencia de cuerdas.
 - DCP no presente debido a una eliminación previa para evitar daños adicionales en el arrecife: en este caso, se sugirió marcar el punto donde el DCP contactó con el arrecife, para que este punto pueda usarse como punto central para los estudios.
 - Sitio control: en los sitios control, la boya de marcación se colocaría en un hábitat similar, tipo de sustrato y profundidad a la de su sitio con DCP emparejado correspondiente.
- Paso 3. Anotar las características generales del área, incluyendo tipo de hábitat, especies dominantes, profundidad, visibilidad y cualquier característica interesante de la ubicación.
- Paso 4. Transecto de intercepción lineal (Fig. 2). Para implementar esta metodología, se determinó que los transectos de 10 m eran un tamaño de longitud adecuado. Debido a la trayectoria esperada del DCP, se consideró que en lugar de colocar transectos paralelos a una profundidad continua, deberían colocarse considerando cómo capturar mejor cualquier daño potencial. Para hacerlo, se colocó un primer transecto comenzando desde el centro del sitio de estudio, siguiendo exactamente la trayectoria principal del DCP. Esta trayectoria se determinó ya sea por la presencia de la cola del DCP o por daños visibles. Se anotaría la dirección de este primer transecto. Luego, se colocarían tres transectos adicionales de 10 m siguiendo a 90°, 180° y 270° desde la línea del primer transecto. En total, se colocaron cuatro transectos de 10 m en cada sitio de estudio (DCP y control), comenzando en el centro utilizando una sola línea de transecto que se movería después de finalizar cada estudio de transecto. Para cada transecto, se anotaría la presencia del tipo bentónico (por ejemplo, arena, escombros, coral muerto, algas, pastos marinos, esponjas, coral blando, coral duro, otros organismos, etc.) inmediatamente debajo de la línea de transecto, así como la longitud del punto de intercepción (el punto donde cambia el sustrato). Al transferir esta información a un archivo de Excel, estos datos podrían transformarse en porcentaje de cobertura de cada tipo de sustrato. Para el coral duro, siempre que fue posible, la identificación se realizó a nivel de especie. Para apoyar la identificación in situ, los transectos también se filmaron utilizando cámaras submarinas

(GoPro Hero). Esto permitió a los investigadores reexaminar los datos de los transectos en caso de duda (es decir, identificaciones de especies de arrecifes de coral).



Figura 2. Método de intercepción lineal para evaluar el estado del arrecife de coral. A) Recolección de datos; B) Despliegue de la línea de transecto. (Crédito fotográfico: Ekaitz Erauskin; Fuente: Uyarra et al., 2023)

- Paso 5. Metodología de cuadrantes fotográficos (Fig. 3). Además del método de intercepción lineal, se utilizaron cuadrantes fotográficos para evaluar la extensión del daño potencial. Se colocaron cuadrantes de 50 cm x 50 cm a lo largo de la línea de transecto (dejando siempre la línea de transecto al mismo lado del cuadrante) a distancias fijas de 0 m, 2,5 m, 5 m, 7,5 m y 10 m. Se tomaron fotos de cada cuadrante utilizando una Olympus T6 en una carcasa submarina. Estas fotos se procesaron posteriormente en la computadora para calcular el porcentaje de cobertura de los diferentes tipos de sustrato. Después de aplicar tanto el método de intercepción lineal como el método de cuadrantes fotográficos, se retirarían las líneas de transecto.

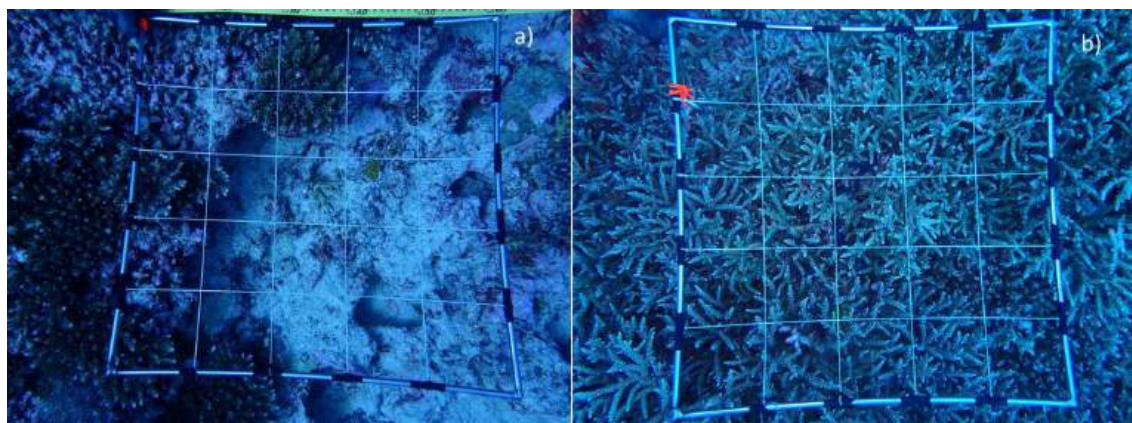


Figura 3. Implementación del método de cuadrantes fotográficos en arrecifes de coral. Crédito fotográfico: Maria C. Uyarra; Fuente: Uyarra et al., 2023

- Paso 6. Área dañada: Para estimar la extensión general del daño, se localizaron los puntos más lejanos donde el daño era visible desde la boya de marcación (punto central). Utilizando medidas de tipo, se podría medir y calcular el área dañada (en m2).

Los resultados obtenidos de la implementación de ambas metodologías se presentan en la Figura 4 (método de intercepción lineal) y la Figura 5 (método de cuadrantes fotográficos). En general, ambas figuras destacan la diversidad de hábitats en los que se llevó a cabo el estudio. Mientras que el componente bentónico dominante en el arrecife parcheado era la arena (tanto en los sitios con DCP como en los sitios control), en el hábitat de pastos marinos, era el propio pasto marino, y en el sitio de arrecife, el componente bentónico dominante era el coral duro.

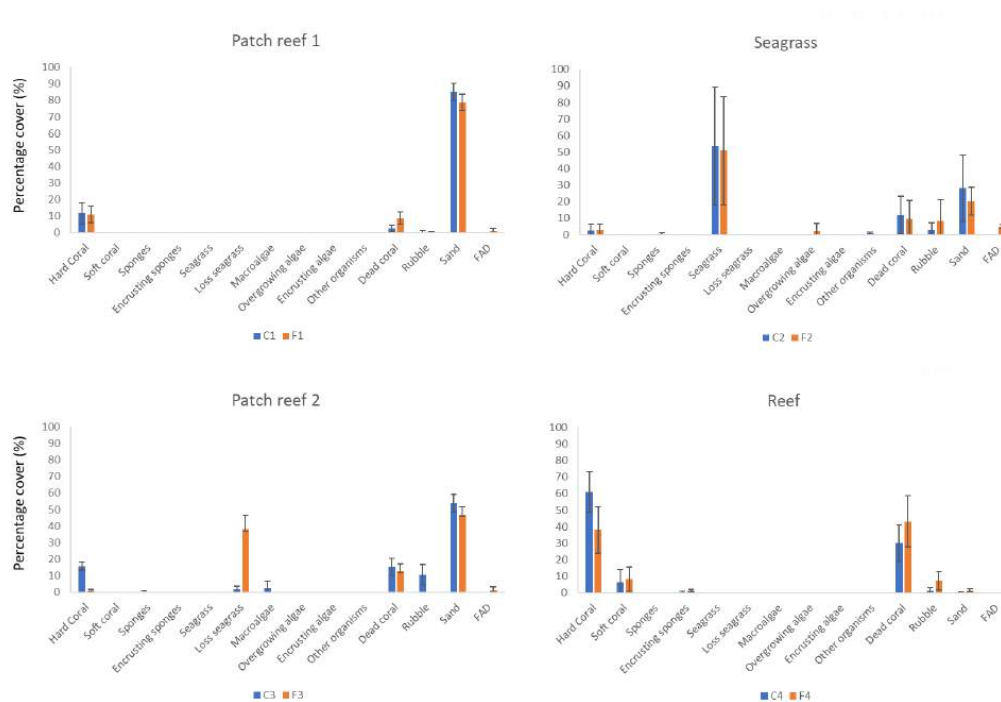


Figura 4. Composición bentónica (medida en porcentaje de cobertura) obtenida mediante la implementación del método de intercepción lineal. Las barras azules corresponden a valores para los sitios control, y las barras naranjas son valores para el sitio con DCP. Las barras de error representan el error estándar. (Fuente: Uyarra et al., 2023) *pérdida de pastos marinos se refiere a pastos marinos flotantes que están desprendidos del sustrato.

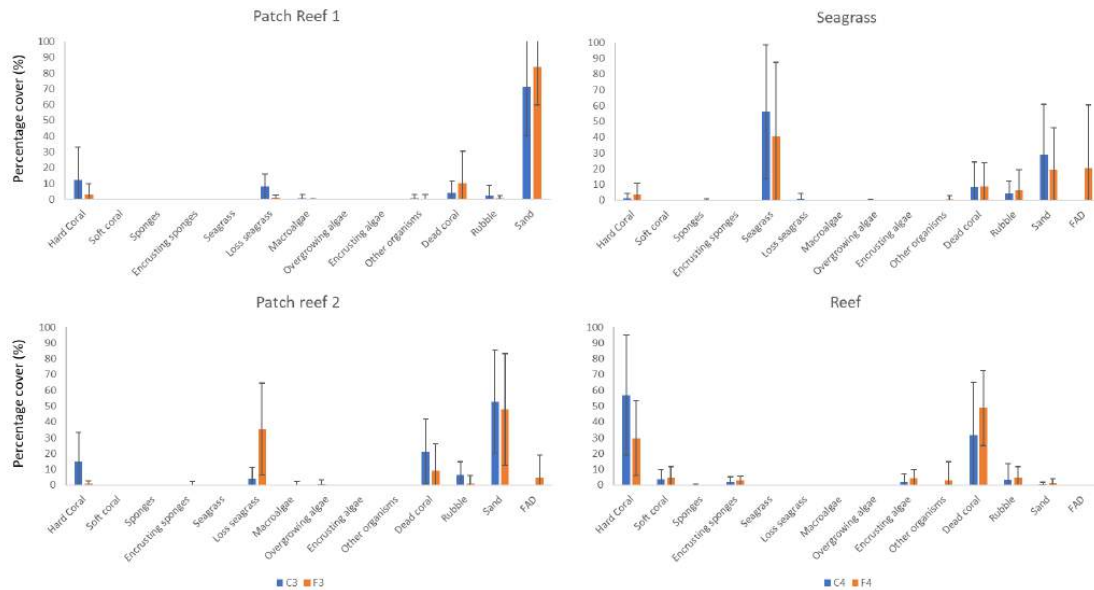


Fig 5. Composición bentónica (medida en porcentaje de cobertura) obtenida mediante la implementación del método de cuadrantes fotográficos. Las barras azules corresponden a valores para los sitios control, y las barras naranjas son valores para los sitios con DCP. Las barras de error representan el error estándar. La pérdida de pastos marinos se refiere a pastos marinos flotantes que están desprendidos del sustrato. (Fuente: Uyarra et al., 2023)

De todos los componentes bentónicos, generalmente una alta cobertura de coral duro y blando, pastos marinos, algas coralinas y esponjas indican hábitats saludables. Por el contrario, grandes cantidades de coral muerto, escombros y algas invasoras están asociadas con hábitats de menor calidad. En este contexto, es evidente en ambas figuras que había una mayor cantidad de coral duro en los sitios control en comparación con los sitios con DCP. La cobertura de coral muerto o escombros no siguió consistentemente el patrón esperado, con una mayor cobertura observada en los sitios con DCP que en los sitios control.

A pesar de las similitudes en los resultados obtenidos utilizando las dos metodologías, los obtenidos mediante el método de cuadrantes fotográficos exhibieron una mayor variabilidad. Esto se puede atribuir al hecho de que, en el método de intercepción lineal, el transecto funciona como una unidad, integrando toda la información del transecto en un solo valor por componente bentónico. En contraste, con los cuadrantes fotográficos, en este diseño estructurado, es posible que algunas de las fotos estuvieran en un área con alta cobertura de coral y otras fotos en arena. Dado que cada foto es una réplica, la variabilidad aumenta considerablemente.

La idea detrás de probar dos metodologías fue identificar cuál reflejaba mejor lo observado in situ. A nivel de composición de componentes bentónicos, se puede concluir que ambas metodologías son adecuadas para este tipo de estudio, ya que los resultados son similares.

El beneficio de utilizar cuadrantes fotográficos es que permite realizar análisis de extensión de daño más fácilmente. Además, tomar fotos de cuadrantes es más fácil que filmar la línea de transecto en caso de que cualquiera de estos sea necesario para la identificación posterior de especies.

El método de intercepción lineal sería la metodología preferida para arrecifes escarpados y acantilados, ya que el cuadrante es difícil de colocar en esas zonas. Además, el error estándar se reduce y minimizar el equipo submarino (por ejemplo, no llevar el cuadrante) siempre es una ventaja. En todas las circunstancias, se recomienda que, siempre que sea posible, se realicen identificaciones in situ, para lo cual se requiere una alta experiencia en identificación de corales. De lo contrario, tanto el procesamiento de fotos como de videos puede emplearse, pero es un proceso que consume tiempo.

3.2. Muestreo de la comunidad de peces

Estas encuestas se centraron en evaluar la abundancia y riqueza de la comunidad de peces tanto en los sitios con DCP como en los sitios control, mediante observaciones y registros in situ. Los registros in situ se complementaron con grabaciones de cámaras submarinas para ayudar posteriormente con la identificación de algunas especies de peces (Fig. 6). Para los conteos de peces se tomaron los siguientes pasos:



Figura 6. Encuestas de peces. a) recolección de datos de peces; b) comunidad de peces en el sitio de arrecife control. Crédito de la foto: Ekaitz Erauskin. (Fuente: Uyarra et al., 2023)

- Paso 1. Determinar la distancia correcta para el muestro. La visibilidad submarina determina en gran medida la distancia a la que se puede llevar a cabo el muestreo con éxito. En el caso de la laguna (es decir, sitios de arrecifes parcheados y pastos marinos), donde la visibilidad era muy pobre, la distancia adecuada para mantener con el punto de referencia (la boya de marcación) era de 2.5 m. En contraste, en los sitios de arrecife, donde la visibilidad era mucho mejor, la distancia adecuada para el muestreo se estableció en 5 m. Así, después de haber marcado el sitio de estudio con una línea y una boya, los buzos se colocarían a las distancias específicas y esperarían de 3 a 5 minutos para que los peces restablecieran su actividad normal.
- Paso 2. Conteos de peces. Durante 3 minutos, un buzo contaría e identificaría todos los peces que vivieran en o pasaran entre el buzo y el punto de referencia, considerando un ángulo visual que cubriera 2.5 m a cada lado del punto de referencia. Se anotaron tanto los peces nadadores como los bentónicos. Después de esto, los buzos se acercarían al sustrato durante otros 150 segundos para contar e identificar aquellos peces que vivieran en las grietas/DCP dentro de esta misma área. Este procedimiento se repitió desde el lado opuesto de la boya de marcación. Así, el tiempo total de conteo e identificación de peces sería de 10 minutos en total, más el tiempo adicional permitido para que los peces restablecieran su actividad normal después del movimiento de los buzos en el área al inicio de la encuesta y después de cambiar de lado. Un buzo adicional filmaría la actividad de los peces utilizando una cámara submarina (GoPro Hero 8) como medio para verificar cualquier duda que pudiera surgir durante la identificación de los peces.

- Paso 3. La abundancia y riqueza de especies se registraron en una hoja de cálculo (es decir, archivo Excel) para su análisis.

Los muestreos de peces realizados en cada sitio con DCP/control se convierten en un valor único de abundancia de peces y riqueza de especies de peces para cada sitio. Es decir, no hubo réplicas y, por lo tanto, no se proporcionaron barras de error. Dado que una fuente importante de variabilidad en la abundancia de peces y la riqueza de especies de peces son las mareas y la hora del día en que se realizan los muestreos, y no fue posible controlar esta variabilidad en el campo (es decir, el tiempo de entrada a la laguna dependía de muchos otros factores, pero especialmente del viento y las mareas cambiantes), los resultados obtenidos deben considerarse con precaución.

En total, se detectaron 86 especies de peces, de las cuales 75 se asignaron a nivel de especie, y 11 se identificaron distintivamente pero no se encontraron en la guía de referencia. Es posible que este número sea mayor. En el sitio de pastos marinos, se encontró un gran número de peces juveniles, y la identificación de esos peces no fue posible debido a la información limitada en las guías de clasificación.

En general, el sitio de arrecife fue el hábitat con la mayor riqueza de especies ($N = 33$), y los pastos marinos el más bajo ($N = 10$) (Fig. 7). No se encontró un patrón claro al comparar la riqueza de especies de peces en los sitios con DCP frente a los sitios control. El arrecife parcheado 1 y el arrecife tuvieron una mayor riqueza de especies en el control que en el DCP (en valores absolutos), el arrecife parcheado 2 y los pastos marinos tuvieron una mayor riqueza de especies en el sitio con DCP que en sus controles correspondientes.

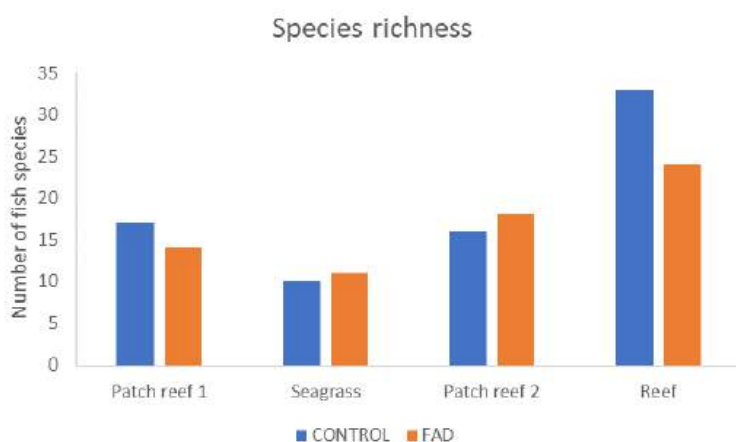


Figura 7. Riqueza de especies de peces en sitios control (barras azules) y sitios con DCP (barras naranjas).

En el caso de la abundancia de peces, en todos los sitios la abundancia de peces fue menor en el

sitio con DCP que en su sitio control correspondiente (Fig. 8). La mayor abundancia de peces se encontró en el sitio de pastos marinos (N = 323), seguido por el sitio de arrecife (N = 285). La menor abundancia se encontró en el sitio con DCP del arrecife parcheado 2 (N = 90).

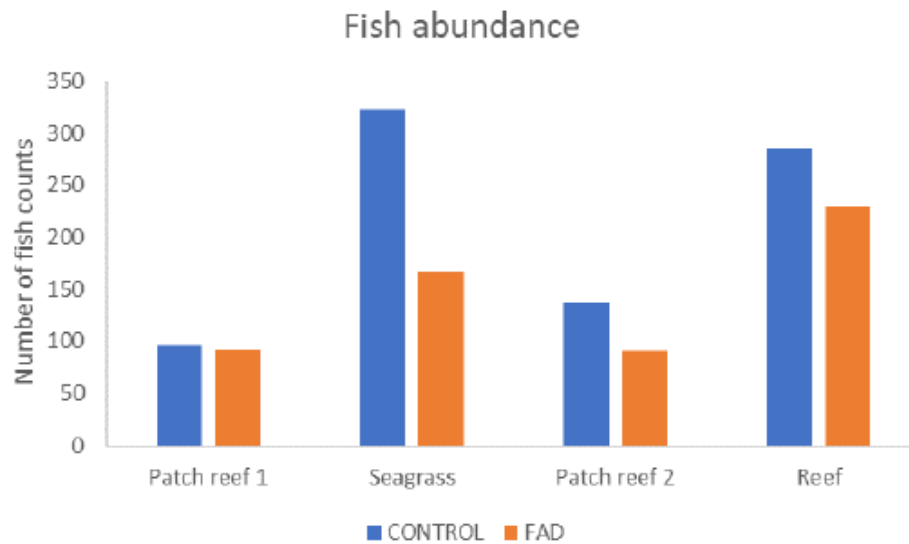


Figura 8. Abundancia de peces en sitios control (barras azules) y sitios con DCP (barras naranjas).

Sería necesario ampliar el muestreo en este experimento para ser coherente con el tipo de hábitat (es decir, sitios de arrecife) y la hora del día, para llegar a conclusiones más robustas sobre el efecto de los DCP en los peces en esta área. Los resultados se muestran como ejemplos ilustrativos de la implementación de la metodología propuesta.

4. Directrices para la recopilación de datos en eventos de varamiento de DCP

En los últimos años, las Organizaciones Regionales de Ordenación Pesquera (OROP) han estado estableciendo directrices para la recopilación de datos con el objetivo de evaluar los impactos potenciales causados por los Dispositivos de Concentración de Peces (DCP) durante los eventos de varamiento. Para evaluar estos impactos, los datos que se recopilan incluyen información general sobre la posición, la identificación del DCP y la boya, información sobre el tipo de estructura del DCP, dimensiones y materiales del DCP, y detalles del hábitat (Escalle et al., 2022). Considerando las iniciativas de recopilación de datos propuestas en las OROP, así como los factores que contribuyen al daño de los corales, los requisitos de datos para planificar visitas a sitios de varamiento de DCP, y los conocimientos obtenidos de las observaciones submarinas, se proponen los siguientes datos para su recopilación durante los eventos de varamiento de DCP. En este sentido, las encuestas submarinas han demostrado ser fundamentales para identificar los datos necesarios para la planificación de operaciones de recuperación de DCP y para resaltar información valiosa que se puede recopilar sistemáticamente. La Tabla 2 resume el tipo de información que se propone.

Table 2. Tipo de información a recoger en los varamientos

Información general	
Tipo de DCP	Anclado/a la deriva/natural
ID DCP	Identificativo del DCP, diferente al de la boya
ID boya	Identificativo de la boya incluyendo el modelo y la serie numérica
Fecha	Fecha de avistamiento/detección
Latitud	Latitude en decimales
Longitud	Longitud en decimales
Tipo de habitat	Playa, laguna, manglar, estuario, océano abierto, rocoso, pradera marina, arena, arrecife parcheado, arrecife de coral, desconocido, otro
Profundidad	Profundidad aproximada en metros
FAD information	
Tipo de diseño del DCP	e.g. Tipo jaula, con paneles
Elementos de flotación	Material en los elementos de flotación
	Número
	Longitud de la rabiza
	Forma
Parrilla	Dimensión
	Materiales de la estructura (e.g., metal, baños bambú, etc.)
	Material de la cobertura
	Tamaño de malla (si existe red)
Estructura sumergida	Localización en la columna de agua (flotando en superficie, flotando en la columna de agua, en contacto con el sustrato).
	Tipo de estructura
	Materiales
	Dimensiones
Peso	Tamaño de malla (si existe red)
	Tipo de atractores
	Localización en la columna de agua (flotando en superficie, flotando en la columna de agua, en contacto con el sustrato).
	Longitud en contacto con el sustrato
Peso	Materiales
	Dimensiones
	Peso
Evaluación del impacto	
Tipo de sustrato	Playa, laguna, manglar, estuario, océano abierto, rocoso, pradera marina, arena, arrecife parcheado, arrecife de coral, desconocido, otro
Zona en el arrecife (en caso de Arrecife de coral))	Banco arrecifal, pendiente arrecifal, acantalido arrecifal
Tipo de coral	Blando o duro
Tipo de daño	e.g tissue mortality (bleaching of corals), Abrasion (scars on the reef), breakage
Area afectada	Estimación del area afectada
Especies de corales afectados	Si el daño se da en corales determinar las especies si es posible
Parte del DCP causante del daño	Parrilla, parte sumergida, peso, otros, desconocido
Animales enmallados	Species
	Número

En cada encuentro con un DCP, la información general a recopilar incluye la fecha del encuentro, latitud, longitud, tipo de DCP (anclado; a la deriva o tronco), identificación del DCP (diferente de la identificación de la boya si está presente), tipo de entorno o sustrato, y profundidad. La información de profundidad no se recopila en las propuestas realizadas en las OROP, mientras que la incluimos en nuestra propuesta de recopilación de datos. Consideramos que es esencial, ya que puede ayudar a planificar y priorizar las acciones de recuperación de DCP. Trabajos previos destacan la necesidad de promover la recuperación de DCP antes de que lleguen a las áreas costeras (Escalle et al., 2022). En ese caso, el plan de trabajo dependería de la profundidad en la que se encuentren los DCP. También se debe recopilar información específica sobre la estructura, dimensiones y materiales del DCP. Los detalles deben ser específicos para cada componente del DCP (es decir, componentes flotantes, balsa, estructura sumergida y peso) si es posible. Se debe identificar si los componentes del DCP están flotando o descansando en el sustrato. Esto podría ayudar a planificar la recuperación de DCP, dando prioridad, por ejemplo, a aquellos elementos móviles que aún están flotando o parcialmente flotando y recolectando después aquellos estáticos que ya han varado. Además, la recuperación de DCP puede ser completamente diferente dependiendo de si tienen alguna parte enredada y/o descansando en el sustrato, ya que en ese caso, puede ser necesario un procesamiento cuidadoso para evitar daños adicionales al lecho marino. Además, la identificación, si es posible, de los materiales utilizados para la construcción del DCP (es decir, carácter enmallante y tipo de material como plástico, metálico o biodegradable (orgánico, de base biológica) es esencial para evaluar el daño potencial (en términos de generación de basura marina) y priorizar la recuperación de DCP. En cuanto a la clasificación de tipos de sustrato o hábitats, se observaron discrepancias entre los esquemas de clasificación de hábitats descritos en varias directrices. En relación con la evaluación de impactos, además de identificar el tipo de sustrato, es importante estimar la extensión del área afectada. En casos que involucren corales, distinguir entre tipos de coral, como corales duros y blandos, y si es posible, identificar las especies, puede proporcionar más información sobre la naturaleza y gravedad de los impactos. Para cuantificar y caracterizar los impactos, la información recopilada debe tener la mayor resolución posible. Normalmente, los participantes en programas de recuperación de DCP no son científicos, por lo que las directrices de recopilación de datos deben adaptarse a las personas involucradas. Los datos se podrían recopilar fácilmente con una aplicación móvil, como una basada en FORMS.

5. Conclusiones

Este estudio se basa en el trabajo realizado por Uyarra et al. (2023) en el Océano Índico. Si bien los resultados obtenidos no permiten llegar a conclusiones definitivas sobre si los patrones observados en la composición bentónica son directamente atribuibles a los impactos de los DCP, se presentan principalmente como ejemplos ilustrativos de los tipos de resultados que se pueden generar mediante la aplicación del enfoque metodológico propuesto. Esta limitación se debe en gran medida al pequeño número de observaciones recopiladas durante el estudio, lo que impide una evaluación representativa. Sin embargo, es importante destacar que este estudio permitió probar una estrategia de muestreo en profundidad y realizar observaciones in situ del comportamiento de los DCP en los arrecifes de coral, identificando cómo las diferentes partes de los DCP interactúan con las comunidades de peces y bentónicas, lo cual puede ser fundamental para proporcionar asesoramiento sobre diseños alternativos de DCP, materiales y gestión. En resumen, los puntos clave incluyen:

- Los resultados obtenidos mediante la implementación de dos metodologías de trabajo de campo diferentes (es decir, el método de intercepción lineal y el método de cuadrantes fotográficos) mostraron ser similares.
- El método de intercepción lineal para el estudio de los impactos de los DCPs en los arrecifes de coral fue más rápido y se pudo adaptar a topografías variables, requirió menos equipo y generó un error estándar más bajo entre las muestras.
- Los métodos de cuadrantes fotográficos son la opción preferida cuando se busca identificar la extensión del daño.
- El uso de cuatro transectos, situados a 90° entre sí, es adecuado para capturar mejor el daño causado por los DCP. Sin embargo, dado que implica ascender y descender en la columna de agua, es importante diseñar cuidadosamente el muestreo para evitar riesgos para los buceadores. Además, no sería adecuado para DCP varados a profundidades superiores a 21 m con pendientes pronunciadas.

Para la recopilación de datos durante eventos de varamiento de DCP, con el objetivo de comprender cómo interactúan los diferentes componentes de los DCP con las comunidades bentónicas, evaluar sus impactos, planificar la recuperación de DCP e identificar posibles mejoras en el diseño de los DCP, proponemos registrar la siguiente información:

- Información espaciotemporal (fecha y posición) y profundidad.
- Identificación del tipo de DCP, ID del DCP, ID de la boya.
- Información sobre el diseño del DCP, dimensiones, carácter enmallante de los materiales (tamaño de malla) y naturaleza de los materiales (es decir, materiales biodegradables o sintéticos).
- Posición de los componentes del DCP (balsa, apéndice sumergido-cola principal y atrayentes- y peso) en la columna de agua (flotando en la superficie, flotando en la columna de agua, descansando en la superficie).
- Tipo de sustrato.
- Zona del arrecife.
- Tipo de corales (blandos o duros), y especies si es posible.

- Partes del DCP que interactúan con la biota.
- Presencia de animales enredados, incluyendo especies, número y ubicación en el DCP.
- Area afectada.

Agradecimientos

Estamos agradecidos a Echebastar por financiar este proyecto y considerar a AZTI para este estudio. A la Iniciativa de Atún del Océano Índico Sur (SIOTI) y al Gobierno Vasco por sus contribuciones de fondos para llevar a cabo este proyecto.

También nos gustaría agradecer al Ministerio de Pesca de Seychelles, la Oficina de Normas de Seychelles y la Autoridad de Pesca de Seychelles por proporcionarnos los permisos para llevar a cabo el trabajo de campo.

Sobre todo, agradecemos a la Fundación Save Our Seas (SOSF) y su equipo por el apoyo para completar el trabajo de campo en la isla de D'Arros y St. Joseph. Fue una gran oportunidad para el aprendizaje mutuo y el intercambio de conocimientos.

Referencias

Au, A. C. S., Zhang, L., Chung, S. S., & Qiu, J. W. (2014). Diving associated coral breakage in Hong Kong: differential susceptibility to damage. *Marine Pollution Bulletin*, 85(2), 789-796.

Banks, R., & Zaharia, M. (2020). Characterization of the costs and benefits related to lost and/or abandoned Fish Aggregating Devices in the Western and Central Pacific Ocean. Report produced by Poseidon Aquatic Resources Management Ltd for The Pew Charitable Trusts.

Balderson, S. D., & L. E. C. Martin. (2015). Environmental impacts and causation of 'beached' Drifting Fish Aggregating Devices around Seychelles Islands: a preliminary report on data collected by Island Conservation Society. IOTC WPEB (2015).

Bullock, R., Ralph, G. M., Stump, E., Al Abdali, F., Al Asfoor, J., Al Buwaiqi, B., Al Kindi, A., Ambuali, A., Birge, T., Borsa, P., Di Dario, F., Everett, B., Fennessy, S., Fonseca, C., Gorman, C., Govender, A., Ho, H., Holleman, W., Jiddawi, N., Khan, M., Larson, H., Linardich, C., Matiku, P., Matsuura, K., Maunde, C., Motomura, H., Munroe, T., Nair, R., Obota, C., Polidoro, B., Russell, B., Shaheen, S., Sithole, Y., Smith-Vaniz, W., Uiblein, F., Weerts, S., Williams, A., Yahya, S. & Carpenter, K. (2021). Conservation status of marine biodiversity of the Western Indian Ocean.

Burke, L., Reytar, K., Spalding, M. & Perry, A. (2011). Reefs at risk revisited. World Resources Institute.

Duhec A.V, R.F. Jeanne, N. Maximenko & Hafner, J. Composition and potential origin of marine debris stranded in the Western Indian Ocean on remote Alphonse Island, Seychelles. *Marine Pollution Bulletin*, 96 (1–2), 76-86

Escalle, L., Scutt Phillips, J., Brownjohn, M., Brouwer, S., Sen Gupta, A., Van Sebille, E., ... & Pilling, G. (2019). Environmental versus operational drivers of drifting FAD beaching in the Western and Central Pacific Ocean. *Scientific reports*, 9(1), 14005.

Escalle L., Mourot J., Thellier T., Lopez J., Fuller L., Wichman J., Royer S.J., Hood L., Bigler B., Jaugeon B., Nicholas T.R., Pollock K., Prioul F., Marks A., Kutan M.1, Jones J., Lynch J.M., Tait H., Hamer P., 2022. Analyses of the regional database of stranded drifting fish aggregating devices (dFADs) in the Pacific Ocean. DOCUMENT FAD-07 INF-A

Escalle, L., Scutt Phillips, J., Lopez, J., Lynch, J. M., Murua, H., Royer, S. J., ... & Moreno, G. (2024). Simulating drifting fish aggregating device trajectories to identify potential interactions with endangered sea turtles. *Conservation Biology*, 38(6), e14295.

Imzilen, T., Chassot, E., Barde, J., Demarcq, H., Maufroy, A., Roa-Pascuali, L., Ternon, J.F., & Lett, C. (2019). Fish aggregating devices drift like oceanographic drifters in the near-surface currents of the Atlantic and Indian Oceans. *Progress in oceanography*, 171, pp.108-127.

Imzilen, T., Lett, C., Chassot, E., & Kaplan, D. M. (2021). Spatial management can significantly reduce dFAD beachings in Indian and Atlantic Ocean tropical tuna purse seine fisheries. *Biological Conservation*, 254, 108939.

Imzilen, T., Lett, C., Chassot, E., Maufroy, A., Goujon, M., & Kaplan, D. M. (2022). Recovery at sea of abandoned, lost or discarded drifting fish aggregating devices. *Nature Sustainability*, 1-10.

Khan, A.M., Nasution, A.M., Purba, N.P., Rizal, A., Hamdani, H., Dewanti, L.P., Nurruhwati, I., Sahidin, A., Supriyadi, D., Herawati, H., & Apriliani, I.M. (2020). Oceanographic characteristics at fish aggregating device sites for tuna pole-and-line fishery in eastern Indonesia. *Fisheries Research*, 225, p.105471.

Kimak E., Gala Moreno, David W. Kerstetter, Victor Restrepo, Thomas D. Pitchford, 2025. Lost in transit: fads drifting from fishing grounds to the western Atlantic. SCRS/2025/022

Maufroy, A., Chassot, E., Joo, R., & Kaplan, D. M. (2015). Large-scale examination of spatio-temporal patterns of drifting fish aggregating devices (dFADs) from tropical tuna fisheries of the Indian and Atlantic Oceans. *PLoS one*, 10(5), e0128023.

Maufroy, A., Kaplan, D., Chassot, E., & Goujon, M. (2018). Drifting fish aggregating devices (dFADs) beaching in the Atlantic Ocean: an estimate for the French purse seine fleet (2007-2015). *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 74(5), 2219-2229.

Moreno, G., Salvador, J., Zudaire, I., Murua, J., Pelegrí, J. L., Uranga, J., ... & Restrepo, V. (2023). The Jelly-FAD: A paradigm shift in the design of biodegradable Fish Aggregating Devices. *Marine Policy*, 147, 105352.

Mourot J., Escalle L., Thellier T., Lopez J., Wichman J., Royer S.J., Hood L, Bigler B., Jaugeon B. , Nicholas T.R., Pollock K., Prioul F., Lercari M., Marks A., Kutun M., Jones J., Lynch J.M. , Tait H., Hamer P. (2023). Analyses of the regional database of stranded drifting Fish Aggregating Devices (dFADs) in the Pacific Ocean. WCPFC-SC19-2023/EB-WP-04

Murua, H., Zudaire, I., Tolotti, M., Murua, J., Capello, M., Basurko, O. C., ... & Santiago, J. (2023). Lessons learnt from the first large-scale biodegradable FAD research experiment to mitigate drifting FADs impacts on the ecosystem. *Marine Policy*, 148, 105394.

Murua, J. G. Moreno, D. Itano, M. Hall, L. Dagorn, and V. Restrepo. 2018. ISSF Skippers' Workshops Round 7. ISSF Technical Report 2018-01. International Seafood Sustainability Foundation, Washington, D.C., USA

Souter, D., Planes, S., Wicquart, J., Logan, M., Obura, D., & Staub, F. (2020) The Sixth GCRMN Status of coral reefs of the world: 2020. GCRMN, ICRI, Australian Government, Australian Institute of Marine Science, Gouvernement Princier, Government Offices of Sweden, Prince Albert II of Monaco Foundation, UNEP.

Uyarra M.C, Iker Zudaire, Maitane Grande, Ekaitz Erauskin, Alex Salgado, and Josu Santiago, 2023.
Study of the interaction of derelict FADs on coral communities in the Indian Ocean.

Zudaire, I., Moreno, G., Murua, J., Hamer, P., Murua, H., Tolotti, M. T., ... & Santiago, J. (2023).
Biodegradable drifting fish aggregating devices: Current status and future prospects. *Marine Policy*, 153, 105659.