

## Mitigación del impacto ambiental de los dispositivos de concentración de peces en las pesquerías de cerco de túnidos tropicales

*Gala Moreno (1), Laurent Dagorn (2), Victor Restrepo(1)*

(1) International Seafood Sustainability Foundation (ISSF), 440 G Street NW Washington DC 20005 USA; (2) MARBEC, IRD, Ifremer, University of Montpellier, CNRS, Sète, France. Contacto, autor principal: gmoreno@issf-foundation.org

Los dispositivos de concentración de peces son artes de pesca eficientes que deben ser monitoreados y administrados para lograr la captura sostenible y rentable de los recursos marinos pelágicos. En los últimos 15 años, los científicos marinos, los navegadores de cerco (PS), los gestores de flotas, los observadores, las organizaciones no gubernamentales (ONG) y las OROP han dedicado un gran esfuerzo para reducir los impactos de los DCP en el ecosistema. Hay victorias importantes pero también cuestiones importantes que tratar (ver Anexo I). En este documento, presentamos algunas de las lecciones aprendidas.

Cuando se miden los impactos de DCP en la biodiversidad, es necesario utilizar la misma definición de "captura incidental". De lo contrario, es posible que se comparen diferentes conceptos, lo que lleva a confusión (se conservan, se descartan, se utilizan, se incluyen o no las especies objetivo no deseadas, etc.) En general, las estimaciones realizadas por los observadores en el mar (la principal fuente de datos de captura incidental) se consideran exactas. Pero estos, como estimaciones, siempre podrían tener algún error/sesgo. Es importante incluir la incertidumbre asociada a las diferentes estimaciones de la captura incidental, incluido el grado de cobertura. En términos generales, esta incertidumbre se reduce con una mayor cobertura de observación. Los sistemas de monitoreo electrónico, implementados recientemente en algunas flotas, podrían ser un buen complemento/alternativa a la cobertura de observadores humanos y deberían ser alentados.

Cuando se revisa la captura incidental por tipo de lance y la región oceánica y cómo esta captura incidental estuvo conformada por grupos de especies (especies de atunes menores, rayas, tiburones, marlines y otros peces óseos), se muestra que la captura incidental de PS para todas las especies es muy pequeña en comparación con la de algunos otros artes de pesca de atún. Aunque la relación de captura incidental<sup>1</sup> por PS es relativamente baja, su contribución a la captura incidental general de las especies marinas no es tan despreciable porque las capturas totales de PS son altas.

La captura incidental de tiburones sigue siendo la principal prioridad en términos de mitigar los impactos de la pesca con DCP en la biodiversidad. Aunque la tasa de captura incidental es baja (menos de 0.5% en peso), algunas especies de tiburones y mobúlidos son altamente vulnerables o en riesgo, y la extensión de la pesquería de PS justifica el desarrollo de esfuerzos para mitigar esta captura incidental. El enredo de tiburones en los DCP tradicionales que usan redes abiertas, fue identificado previamente como la principal amenaza para los tiburones sedosos. Todas las OROP ahora han adoptado medidas para promover el uso de DCP que no se enredan (sin compensación) o DCP con menor riesgo de enredo (red de malla pequeña o red atada en paquetes). Solo los DCP contruidos sin mallas pueden eliminar completamente el enredo involuntario de los animales.

Además de los DCP que no se enredan, la reducción de la mortalidad de tiburones en la pesquería de PS probablemente conllevará el uso de varias acciones utilizadas en combinación (evitando los lances en pequeñas agregaciones de atún, pescando y liberando tiburones de la red, manejo seguro y liberación de la cubierta, evitando los puntos calientes, etc.) (Anexo II). Cualquier captura incidental que llegue a la cubierta generalmente se encuentra en malas condiciones y las soluciones deben ser priorizadas cuando los animales aún están en el agua. Sin embargo, la definición de buenas prácticas para reducir la captura incidental es difícil porque los barcos PS, las maniobras de pesca y el equipo han sido diseñados exclusivamente para llevar a cabo operaciones de captura de atún. Rara vez se han tenido en cuenta las maniobras de evitación de captura incidental o de liberación cuando se diseñan nuevos buques. En consecuencia, la mayoría de las soluciones actuales para evitar/liberar la captura incidental son parches que se ajustan lo mejor posible al diseño y las maniobras del buque actual, lo que limita

---

<sup>1</sup>Tasa de captura incidental: captura incidental en relación con la captura de atún

la innovación. En el futuro, se debe considerar la introducción de nuevos dispositivos, el espacio para el manejo de la captura incidental y la tecnología para evitar/liberar la captura incidental cuando se construyen nuevos barcos.

El atún aleta amarilla, el patudo y el barrilete se encuentran en agregaciones mixtas alrededor de los DCP y, al mismo tiempo, están rodeados por la operación de cerco. Uno de los desafíos clave que enfrentan las flotas de PS que pescan en DCP en todos los océanos es poder identificar especies para las cuales se sabe que las poblaciones se encuentran en buenas condiciones, como el barrilete, al tiempo que reducen su impacto en las poblaciones de patudo y aleta amarilla en las regiones donde hay una necesidad de reducir la mortalidad inducida por la pesca de estas especies. Hasta la fecha, se han realizado muchos estudios de comportamiento para mitigar las capturas de atún pequeñas (por ejemplo, diferencias en los tiempos de residencia, distribución de profundidad, movimientos en la red, capturas que modifican las profundidades de la estructura de DCP, clasificación de cuadrículas, etc.) (Anexo II), pero ninguno ha producido aún una solución clara que ayudaría a reducir sus capturas. Hasta la fecha, la solución más prometedora es utilizar la acústica para estimar mejor la proporción de barrilete en comparación con el atún aleta amarilla y el patudo antes de la configuración.

La prioridad para mitigar los impactos de los DCP debería ser reducir el número total de DCP desplegados. En el caso del impacto de la estructura de DCP, incluso si se reducen los números de DCP, se seguirán perdiendo, por lo que son necesarias otras soluciones como el uso de DCP biodegradables y sistemas de recuperación de DCP, a menos que las trayectorias de los DCP estén completamente controladas (por ejemplo, drones DCP). Los datos sobre la posición de los DCP que se abandonan o se pierden deben ser accesibles a los científicos o las OROP para (i) cuantificar sus impactos en los entornos costeros, (ii) desarrollar modelos de áreas de riesgo y (iii) medir la eficiencia de las iniciativas tomadas para mitigar la pérdida y el abandono de los DCP. Los proyectos en curso que desplegarán una gran cantidad de DCP biodegradables en el mar (en la AO, IO y EPO) pronto informarán sobre el rendimiento de los diferentes materiales biodegradables y los diseños de DCP.

Existe la necesidad de una investigación más fundamental y aplicada para comprender los impactos de los DCP en la ecología de atunes, tiburones y otras especies. La investigación en grandes buques de PS es compleja debido a la naturaleza costosa de los cruceros en alta mar y la mezcla de muchas especies de diferentes tamaños bajo los DCP. Sin embargo, existe un gran potencial para el uso de DCP y buques pesqueros como plataformas científicas. Las flotas ya están recolectando una gran cantidad de datos de los DCP, pero no todos son accesibles a los científicos. Una vez que estos datos comienzan a ser accesibles a los científicos de manera rutinaria, los científicos deben estar listos para las herramientas de Big Data y el uso de la Inteligencia Artificial para comprender mejor los ecosistemas pelágicos tropicales. La sostenibilidad de la pesquería de PS no puede basarse únicamente en medidas técnicas. Incluso si se encuentra una solución técnica eficiente a un problema, debe ser adoptada por las flotas. Esta "aceptación" tiende a ser lenta e imperfecta y depende de la actitud de las flotas, los gobiernos y otras partes interesadas (mercados, ONG, etc.). Involucrar a los pescadores en la búsqueda de soluciones es esencial.

## ANEXO I

### Informe resumido del Taller Internacional sobre Mitigación de los Impactos Ambientales de las Pesquerías de Sena en el Atún Tropical

El siguiente documento resume algunas de las conclusiones alcanzadas en un taller reciente copatrocinado por ISSF y el Proyecto de Atún ABNJ de Océanos Comunes (Restrepo et al. 2019). Los participantes incluyeron científicos, ONG, OROP de túnidos, fabricantes de tecnología de pesca y compañías de pesca de PS. El taller examinó el progreso realizado en la investigación para mitigar los impactos ambientales de las pesquerías de cerco de atún tropical (PS), con especial énfasis en los DCP e identificó las principales áreas de enfoque para futuras actividades de mitigación.

#### Impactos de los DCP en la biodiversidad (captura incidental)

- Las definiciones de 'captura incidental' deben ser claras cada vez que se presenten las estimaciones de captura incidental. De lo contrario, es posible que se comparen diferentes conceptos, lo que lleva a confusión (se conservan, se descartan, se utilizan, se incluyen o no las especies objetivo no deseadas, etc.) Por ejemplo, si observamos las tasas de captura incidental en el Océano Atlántico, éstas son más altas en comparación con otros océanos debido a las especies de atunes menores que están dirigidas y comercializadas.
- En general, las estimaciones realizadas por los observadores en el mar (la principal fuente de datos de captura incidental) se consideran exactas. Pero estos, como estimaciones, siempre podrían tener algún error/sesgo. Es importante incluir la incertidumbre asociada a las diferentes estimaciones de la captura incidental, incluido el grado de cobertura. En términos generales, esta incertidumbre se reduce con una mayor cobertura de observación.
- El EMS, implementado recientemente en algunas flotas, podría ser un buen complemento/alternativa a la cobertura de observadores humanos. La captura incidental no puede ser cubierta completamente por observadores humanos que miden la captura de atún durante la operación de pesca.
- Cuando se revisa la captura incidental por tipo de lance y región oceánica y cómo esta captura incidental estuvo conformada por cinco grupos de especies diferentes (especies de atunes menores, rayas, tiburones, marlines y otros peces óseos), se muestra que la captura para todas las especies y también para las especies de interés, como los tiburones y los mamíferos marinos, es muy pequeña en comparación con la de otras artes de pesca de atún.
- Aunque la relación de captura incidental por PS<sup>2</sup> es relativamente baja, su contribución a la captura incidental general de las especies marinas no es tan insignificante porque las capturas totales de PS son altas.

---

<sup>2</sup>Tasa de captura incidental: captura incidental en relación con la captura de atún

- Algunos capitanes evitan voluntariamente los grupos pequeños (<10 toneladas) para reducir la captura incidental (ya que la cantidad de captura incidental en los DCP permanece bastante constante, independientemente de la cantidad de atún encontrado), pero es difícil para muchos otros capitanes, en particular en la AO y la IO.
- La captura incidental de tiburones es el principal problema de conservación para las pesquerías de cerco. Las especies capturadas más comúnmente por PS son los tiburones de punta blanca sedosos y oceánicos. Los tiburones ballena rara vez son capturados en los DCP.
- La pesquería de atún tropical PS no es ciertamente el arte que captura la mayoría de los tiburones blancos sedosos y oceánicos, la tasa de captura incidental es menor al 0.5% en peso. Sin embargo, algunas especies de tiburones y mobúlidos son altamente vulnerables o en riesgo, y la pesquería de PS debe esforzarse por mitigar esta captura incidental.
- El enredo de tiburones en los DCP tradicionales que usan redes abiertas, se identificó previamente como la principal amenaza para los tiburones sedosos. Todas las OROP han adoptado medidas para promover el uso de DCP que no se enreden ([guía de NEDCP](#)).
- Los animales que llegan a la cubierta generalmente están en malas condiciones y las soluciones deben ser priorizadas para cuando los tiburones todavía están en el agua.

- Además de los DCP que no se enredan, la reducción de la mortalidad de tiburones en la pesquería de cerco probablemente conlleve el uso de varias acciones utilizadas en combinación (configuración de grandes agregaciones de atún, pesca y liberación de tiburones de la red, manejo seguro y liberación de la cubierta, evitando puntos calientes, etc.)

### **Impactos de los DCP en atunes patudo y aleta amarilla**

- La captura del patudo juvenil y del aleta amarilla no necesariamente causa sobrepesca. La sobrepesca puede ocurrir al atrapar demasiados peces pequeños, demasiados peces grandes o demasiados de ambos. Sin embargo, la captura de juveniles produce una pérdida de rendimiento potencial (menor RMS). Existe la necesidad de encontrar soluciones para capturar menos patudo y atún aleta amarilla, especialmente para las poblaciones sobreexplotadas.
- El atún aleta amarilla, el patudo y el barrilete se encuentran en congregaciones mixtas alrededor de los DCP y, al mismo tiempo, están rodeados por la operación de cerco. Uno de los desafíos clave que enfrentan las flotas de PS que pescan en DCP en todos los océanos es poder identificar especies para las cuales se sabe que las poblaciones se encuentran en buenas condiciones, como el barrilete, al tiempo que reducen su impacto en las poblaciones de patudo y aleta amarilla en las regiones donde es necesario conservar estas especies.
- Hasta la fecha, se han realizado muchos estudios de comportamiento para mitigar las capturas de atún pequeñas en cruceros de investigación (por ejemplo, diferencias en los tiempos de residencia, distribución de profundidad, movimientos en la red, alejamiento de los DCP, capturas que modifican las profundidades de la estructura del DCP, clasificación de cuadrículas, etc.) pero ninguno ha dado aún una solución clara que ayude a reducir sus capturas.
- En un futuro próximo, la investigación sobre acústica puede dar como resultado que la tecnología de los pescadores sea más selectiva en la selección de DCP con una mayor proporción de barrilete en comparación con la de aleta amarilla y de patudo. Los pescadores aún no pueden discriminar bien entre las especies con las herramientas acústicas actuales, pero la tecnología está mejorando gradualmente. Existe un fuerte apoyo (y esperanza) en la industria para una tecnología acústica mejorada que pueda discriminar los tamaños y las especies que se incorporarán tanto en el equipo acústico utilizado a bordo de los buques como en las boyas de ecosonda que se utilizan para rastrear los DCP.
- El efecto de los DCP en la población de atunes, incluso si no se captura el atún, como hipótesis de la trampa ecológica, sigue siendo un debate en la comunidad científica.
- Existe una heterogeneidad entre los océanos y dentro de los océanos, tanto en términos de rendimiento de DCP como de biología y ecología del atún. Si bien se ha aprendido mucho en los últimos años con respecto a la fisiología y el comportamiento del atún, aún queda mucho por aprender antes de que entendamos completamente cómo se comporta el recurso y el impacto de los DCP en esos comportamientos, y estos fenómenos pueden ser específicos de la región.

### **Impactos de la estructura de DCP en el ecosistema.**

- La prioridad para mitigar los impactos probablemente debería ser reducir el uso general de los DCP y hacer cumplir los límites existentes. Sin embargo, incluso si los números de DCP se reducen, seguirán perdiéndose, por lo que serían necesarias otras soluciones como el uso de DCP biodegradables y la recuperación de DCP.
- Se necesitan datos sobre la posición de los DCP que se abandonan o se pierden para (i) cuantificar el impacto (ii) desarrollar mejores modelos de áreas de riesgo y (iii) medir la eficiencia de las iniciativas tomadas para mitigar la pérdida y el abandono de DCPs.
- Una de las principales áreas de investigación para mitigar estos impactos es desarrollar DCP biodegradables. Actualmente, los DCP biodegradables<sup>3</sup> deben estar hechos de fibras/materiales naturales que se cosechan de forma sostenible, hasta que otros materiales como los bioplásticos sintéticos estén disponibles y se demuestre que no son tóxicos para el medio ambiente marino.
- En general, para los tres océanos, la estructura DCP ha evolucionado hacia los más profundos, principalmente para frenar la deriva, lo que los pescadores creen que es mejor congregarse y también hacer que el DCP permanezca dentro de los caladeros.

- El impacto de la estructura DCP es proporcional a su tamaño y se produce principalmente por la cola (parte sumergida de la estructura DCP). Por lo tanto, las flotas deberían esforzarse por reducir el tamaño y el peso de los DCP que construyen.  
Algunas flotas están probando los DCP biodegradables implementando un número limitado de DCP biodegradables. Es difícil aprender de esos ensayos a pequeña escala porque la mayoría de los DCP experimentales terminan perdidos o apropiados por otras flotas. Sería bueno que estas iniciativas unieran fuerzas de una manera coordinada que permitiera rastrear el tiempo de vida de los DCP y las capturas alrededor de esos DCP experimentales.
- Los proyectos en curso que desplegarán un gran número de DCPs biodegradables y tradicionales en el mar (en la AO, IO y EPO) pronto informarán sobre el rendimiento de los diferentes materiales y diseños de DCP (proyecto BIODCP en el IO, proyecto financiado por la UE en EPO y proyecto financiado por ISSF-ABNJ en la AO).
- No existe una solución única para reducir los impactos de la estructura DCP en los ecosistemas. Las pruebas de DCP biodegradables y "mejores DCP" en general deben acelerarse, así como el diseño de protocolos para reducir el abandono y la pérdida de DCP. Puede ser necesaria una combinación de soluciones adaptadas a cada océano y región.

## Conclusión

Durante los últimos 10 años, se ha logrado un gran progreso en la documentación con hechos, cuáles son los principales impactos de las pesquerías de PS que utilizan DCP. Asimismo, se ha dedicado un gran esfuerzo para encontrar soluciones técnicas a estos problemas. Pero estas pesquerías son complejas y hay mucha variabilidad por océano, temporada, e incluso en estrategias específicas de embarcaciones. No hay una solución que se ajuste a todas las circunstancias. Por lo tanto, más del mismo tipo de trabajo que se ha estado realizando debe continuar en el futuro, pero quizás con un mayor énfasis regional.

El manejo de la captura incidental es difícil porque los barcos PS, las maniobras de pesca y el equipo han sido diseñados exclusivamente para llevar a cabo la operación de captura de atún. La evitación de la captura incidental o la liberación con vida rara vez se ha tenido en cuenta al diseñar nuevos buques, lo que implica que en la actualidad, la mayoría de las soluciones para evitar/liberar la captura incidental son parches introducidos que se ajustan lo mejor posible al diseño y la maniobra del buque actual. En el futuro, se debe considerar la introducción de nuevos dispositivos, el espacio para el manejo de la captura incidental y la tecnología para evitar/liberar la captura incidental cuando se construyen nuevos barcos.

Existe la necesidad de una investigación más fundamental y aplicada para comprender los impactos de los DCP en atunes, tiburones y otras especies. La investigación en grandes buques de PS es compleja debido a la naturaleza costosa de los cruceros en alta mar y la mezcla de muchas especies de diferentes tamaños bajo los DCP. Sin embargo, existe un gran potencial para el uso de DCP y buques pesqueros como plataformas científicas. Una gran cantidad de datos ya están siendo recolectados por flotas (desde DCP o barcos de pesca), pero no todos son accesibles a los científicos. Una vez que estos datos comiencen a ser rutinarios, los científicos deberían estar listos para las herramientas de Big Data y el uso de la Inteligencia Artificial para comprender mejor los ecosistemas pelágicos tropicales.

La sostenibilidad de la pesquería de cerco no puede basarse únicamente en la disponibilidad de medidas técnicas. Incluso si se encuentra una gran solución técnica a un problema, como en el caso del enredo de tiburones en los DCP, las flotas deben implementarlo. Esta "aceptación" tiende a ser lenta e imperfecta y depende de la actitud de las flotas, los gobiernos y otras partes interesadas (mercados, ONG, etc.). E incluso si las OROP terminan adoptando

---

<sup>3</sup>Esta definición no se aplica a la boya utilizada para rastrear DCPs Tra

un requisito para este tipo de soluciones de forma vinculante, aún debe existir un mecanismo riguroso y transparente para garantizar la implementación. Al mismo tiempo, los aspectos no técnicos, como la capacidad de pesca y la eficiencia de las flotas, deben gestionarse mejor

Una de las victorias notables en el trabajo para mitigar los impactos de los DCP es la colaboración entre científicos y pescadores. Los capitanes están interesados en reducir la captura incidental generada en sus pesquerías y con todo el conocimiento en el mar que acumulan, mantenerlos involucrados en el proceso es clave.

## ANEXO II

### Documentos de referencia sobre impactos DCP y soluciones asociadas.

- Amande, M.J., Chassot, E., Chavance, P., Murua, H., de Molina, A.D. and Bez, N., 2012. Precision in bycatch estimates: the case of tuna purse-seine fisheries in the Indian Ocean. *ICES J Mar Sci.* 69, 1501-1510.
- Baske A, Gibbon J, Benn J, Nickson, A. Estimating the use of drifting Fish Aggregation Devices (FADs) around the globe. PEW Environmental group, discussion paper, 8p, 2012.
- Bourjea, J., Cleremont, S., Delgado, A., Murua, H., Ruiz, J., Ciccione, S., Chavance, P., 2014. Marine turtle interaction with purse-seine fishery in the Atlantic and Indian oceans: Lessons for management. *Biological Conservation* 178.
- Boyra, G., Moreno, G., Sobradillo, B., Perez-Arjona, I., Sancristobal, I., Demer, DA. 2018. Target strength of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) associated with fish aggregating devices (FADs). *ICES J. Mar. Sci.* 75: 1790-1802. doi: 10.1093/icesjms/fsy041
- Capietto, A., Escalle, L., Chavance, P., Dubroca, L., Delgado de Molina, A., Murua, H., Floch, L., Damiano, A., Rowat, D., Merigot, B. (2014). Mortality of marine megafauna induced by fisheries: Insights from the whale shark, the world's largest fish. *Biological Conservation* 174: 147–151.
- Chavance, P., Dewals, P., Amande, M.J., Delgado de Molina, A., Damiano, A. Tamegnon, A. (2014). Tuna fisheries catch landed in Abidjan (Côte d'Ivoire) and sold on local fish market for the period 1982-2013 (preliminary data). ICCAT SCRS-2014-063. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas.
- Dagorn, L., Bez, N., Fauvel, T., Walker, E., 2013. How much do fish aggregating devices (FADs) modify the floating object environment in the ocean? *Fisheries Oceanography* 22, 147-153.
- Dagorn, L., Filmalter, J., Forget, F., Amandè, M.J., Hall, M.A., Williams, P., Murua, H., Ariz, J., Chavance, P., Bez, N., 2012. Targeting bigger schools can reduce ecosystem impacts of fisheries. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 69.
- Dagorn, L., Holland, K.N., Itano, D.G., 2006. Behavior of yellowfin (*Thunnus albacares*) and bigeye (*T. obesus*) tuna in a network of fish aggregating devices (FADs). *Marine Biology* 151, 595-606.
- Dagorn, L., Holland, K.N., Restrepo, V., Moreno, G., 2013. Is it good or bad to fish with FADs? What are the real impacts of the use of drifting FADs on pelagic marine ecosystems?. *Fish Fish.* 14: 391-415. doi: 10.1111/j.1467-2979.2012.00478.x
- Davies, T.K., Mees, C.C., Milner-Gulland, E., 2014. The past, present and future use of drifting fish aggregating devices (FADs) in the Indian Ocean. *Marine Policy* 45, 163-170.
- Escalle, L., Capietto, A., Chavance, P., Dubroca, L., De Molina, A.D., Murua, H., Gaertner, D., Romanov, E., Spitz, J., Kiszka, J.J., Floch, L., Damiano, A., Merigot, B., 2015. Cetaceans and tuna purse seine fisheries in the Atlantic and Indian Oceans: interactions but few mortalities. *Marine Ecology Progress Series* 522.
- Escalle, L., Muller, B., Brouwer, S., Pilling, G. and the PNA Office. Report on analyses of the 2016/2018 PNA FAD tracking programme. WCPFC-SC14-2018/MI-WP-09
- Eddy, C., R. Brill and D. Bernal. (2015). Rates of at-vessel mortality and post-release survival of pelagic sharks captured with tuna purse seines around drifting fish aggregating devices (FADs) in the equatorial eastern Pacific Ocean. *Fisheries Research* 174 (2016) 109–117
- Filmalter, J.D., Capello, M., Deneubourg, J.-L., Cowley, P.D., Dagorn, L., 2013. Looking behind the curtain: quantifying massive shark mortality in fish aggregating devices. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11, 291-296.
- Filmalter, J., M. Hutchinson, F. Poisson, W. Eddy, R. Brill, D. Bernal, D. Itano, J. Muir, A. L. Vernet, K. Holland, and L. Dagorn. (2015). Global comparison of post release survival of silky sharks caught by tropical tuna purse seine vessels. ISSF Technical Report 2015-10. International Sustainability Foundation, Washington, D.C., USA.
- Fonteneau, A., Chassot, E., Bodin, N., 2013. Global spatio-temporal patterns in tropical tuna purse seine fisheries on drifting fish aggregating devices (DFADs): Taking a historical perspective to inform current challenges. *Aquat. Living Resour.* 26, 37-48.
- Forget, F.G., Capello, M., Filmalter, J.D., Govinden, R., Soria, M., Cowley, P.D., Dagorn, L. 2015. Behaviour and vulnerability of target and non-target species at drifting fish aggregating devices (FADs) in the tropical tuna purse seine fishery determined by acoustic telemetry. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 72, 1398-1405.
- Gaertner D, Ariz J, Bez N, Clermidy S, Moreno G, Murua H, Soto M, Marsac F. 2018. Results achieved within the framework of the EU research project: Catch, Effort, and eCOsystem impacts of FAD-fishing (CECOFAD). IOTC-2016-WPTT18-35. 18th Session of the IOTC Working Party on Tropical Tunas, Mahé, Seychelles.
- Gilman, E.L. (2011). Bycatch governance and best practice mitigation technology in global tuna fisheries. *Marine Policy* 35, 590–609.
- Hall and Roman Hall, M.; Roman, M. 2013. Bycatch and non-tuna catch in the tropical tuna purse seine fisheries of the world. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 568.* Rome, FAO. 249 pp.
- Hall M, Roman MH. The Fishery on Fish-Aggregating Devices (FADs) in The Eastern Pacific Ocean – Update. In: IATTC - 8th Meeting of the Scientific Advisory Committee. IATTC-SAC-08-03e, La Jolla, California. 2017. [https://www.iatcc.org/Meetings/Meetings2017/SAC08/PDFs/Docs/\\_English/SAC-08-03e\\_The-fishery-on-FADs-in-the-EPO-update.pdf](https://www.iatcc.org/Meetings/Meetings2017/SAC08/PDFs/Docs/_English/SAC-08-03e_The-fishery-on-FADs-in-the-EPO-update.pdf)
- Hallier, J., Gaertner, D., 2008. Drifting fish aggregation devices could act as an ecological trap for tropical tuna species. *Marine Ecology Progress Series* 353, 255-264.

- Hutchinson, M., Itano, D., Muir, J., Leroy, B., Holland, K. (2012). The post-release condition of FAD associated silky sharks (*Carcharhinus falciformis*) caught in tuna purse seine gear. WCPFC-SC8-2012/EB-WP-12 Rev 1. Western and Central Pacific Fisheries Commission.
- ISSF (2015). ISSF guide for non-entangling FADs. 7p. <http://issf-foundation.org/download-monitor-demo/download-info/issf-guide-for-non-entangling-fads/>
- ISSF. (2014). Report of the ISSF workshop on FADs as ecological traps (Sète, France, 29–31 January 2014). ISSF Technical Report 2014-03. International Seafood Sustainability Foundation, Washington, D.C., USA.
- Itano, D., Muir, J., Hutchinson, M., Leroy, B. (2012). Development and testing of a release panel for sharks and non-target finfish in purse seine gear. Scientific Committee 8th Regular Session, Busan, Republic of Korea, 7–15 August. WCPFC-SC8-2012/EB-WP-14.
- Kelleher, K., 2005. Discards in the world's marine fisheries: an update. Food & Agriculture Organization.
- Lennert-Cody CE, Moreno G, Restrepo V, Roman MH, Maunder MN. Recent purse-seine FAD fishing strategies in the eastern Pacific Ocean: what is the appropriate number of FADs at sea?. 2018. *ICES J. Mar. Sci.* 75 (5): 1748-1757. doi:10.1093/icesjms/fsy046.
- Lennert-Cody, C.E., Roberts, J.J. and Stephenson, R.J. 2008. Effects of gear characteristics on the presence of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the catches of the purse-seine fishery of the eastern Pacific Ocean. *ICES J. Mar. Sci.* 65(6), 970-978.
- Lezama-Ochoa, N., Murua, H., Chust, G., Ruiz, J., Chavance, P., de Molina, A.D., Caballero, A., Sancristobal, I., 2015. Biodiversity in the by-catch communities of the pelagic ecosystem in the Western Indian Ocean. *Biodiversity and conservation* 24, 2647-2671.
- Lopez, J., Moreno, G., Ibaibarriaga, L., Dagorn, L., 2017. Diel behaviour of tuna and non-tuna species at drifting fish aggregating devices (DFADs) in the Western Indian Ocean, determined by fishers' echo-sounder buoys. *Mar. Biol.* 164, 44.
- Lopez, J., Moreno, G., Lennert-Cody, C., Maunder, M., Sancristobal, I., Caballero, A., Dagorn, L., 2017. Environmental preferences of tuna and non-tuna species associated with drifting fish aggregating devices (DFADs) in the Atlantic Ocean, ascertained through fishers' echo-sounder buoys. *Deep Sea Res. Part 2 Top. Stud. Oceanogr.*
- Marsac, F., Fonteneau, A., Menard, F., 2000. Drifting FADs used in tuna fisheries: an ecological trap?, *Proceedings of the Conference on Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons*, Martinique, 15-19 October, Edited by J.Y Le Gall, P. Cayré and M. Taquet, IFREMER, Actes de colloques. no. 28, pp. 537-552.
- Matsumoto, T., Satoh, K., Semba, Y., Toyonaga, M., 2016. Comparison of the behavior of skipjack (*Katsuwonus pelamis*), yellowfin (*Thunnus albacares*) and bigeye (*T. obesus*) tuna associated with drifting FADs in the equatorial central Pacific Ocean. *Fisheries oceanography* 25, 565-581.
- Matsumoto, T., Satoh, K., Toyonaga, M., 2014. Behavior of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) associated with a drifting FAD monitored with ultrasonic transmitters in the equatorial central Pacific Ocean. *Fisheries Research.* 157, 78-85.
- 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. doi:10.1371/journal.pone.0128023
- Maufroy, A., Kaplan, D.M., Bez, N., De Molina, A.D., Murua, H., Floch, L., Chassot, E., Poos, H.e.J.J., 2016. Massive increase in the use of drifting Fish Aggregating Devices (dFADs) by tropical tuna purse seine fisheries in the Atlantic and Indian oceans. *ICES J Mar Sci.* 74, 215-225.
- Ménard, F., Stéquert, B., Rubin, A., Herrera, M., Marchal, É., 2000. Food consumption of tuna in the Equatorial Atlantic ocean: FAD-associated versus unassociated schools. *Aquat. Living Resour.* 13, 233-240.
- Moreno, G., Dagorn, L., Capello, M., Lopez, J., Filmalter, J., Forget, F., Sancristobal, I., Holland, K., 2015. Fish aggregating devices (FADs) as scientific platforms. *Fish. Res.* 178, 122-129. doi: 10.1016/j.fishres.2015.09.021
- Moreno, G., Restrepo, V., Dagorn, L., Hall, M., Murua, J., Sancristobal, I., Grande, M., Le Couls, S. and Santiago, J. (2016). Workshop on the use of biodegradable fish aggregating devices (FADs). ISSF Technical Report 2016-18A, International Seafood Sustainability Foundation, Washington, D.C., USA.
- Moreno, G., Jauhary, R., Shiham, M.A. and Restrepo, V. 2017a. Moving away from synthetic materials used at FADs: evaluating biodegradable ropes' degradation. IOTC-2017-WPEB13-INF12.
- Moreno, G., Boyra, G., Rico, I., Sancristobal, I., Filmalter, J., Forget, F., Murua, J., Goñi, N., Murua, H., Ruiz, J., 2015a. Towards acoustic discrimination of tuna species at FADs. IATTC SAC-07-INF-C.
- Moreno, G., Orue, B. and Restrepo, V. 2017b. Pilot project to test biodegradable ropes at FADs in real fishing conditions in Western Indian Ocean. IOTC-2017-WPTT19-51.
- Murua, J., Itano, D., Hall, M., Dagorn, L., Moreno, G., Restrepo, V., 2016. Advances in the use of entanglement-reducing Drifting Fish Aggregating Devices (DFADs) in tuna purse seine fleets. ISSF Technical Report 2016-08. International Seafood Sustainability Foundation, Washington, D.C., USA.
- Murua J, Moreno G, Itano D, Hall M, Dagorn L, Restrepo V. ISSF Skippers' Workshops Round 8. ISSF Technical Report 2019-01. International Seafood Sustainability Foundation, Washington, D.C., USA. 2018. <https://issf-foundation.org/knowledge-tools/reports/technical-reports/download-info/issf-2019-01-issf-skippers-workshops-round-8/>
- Orue B, Lopez J, Moreno G, Santiago J, Soto M, Murua H. 2018. Aggregation process of drifting fish aggregating devices (DFADs) in the Western Indian Ocean: who arrives first, tuna or non-tuna species? *PLOS ONE*, 14(1): e0210435. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210435>.



- Pilling, G., Smith, N., Moreno, G., Van der Geest, C., Restrepo, V. and Hampton, J. 2017. Review of research into drifting FAD designs to reduce species of special interest bycatch entanglement and bigeye/yellowfin interactions. WCPFC-SC13-2017/EB-WP-02
- Poisson F., Vernet A.L., Séret B., Dagorn L. 2012. Good practices to reduce the mortality of sharks and rays caught incidentally by the tropical tuna purse seiners. EU FP7 Project #210496 MADE, Deliverable 6.2., 30 pp.
- Poisson, F., Filmalter, J.D., Vernet, A.L., Dagorn, L. 2014. Mortality rate of silky sharks (*Carcharhinus falciformis*) caught in the tropical tuna purse seine fishery in the Indian Ocean. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 71: 795–798.
- Restrepo, V., L. Dagorn, G. Moreno, F. Forget, K. Schaefer, I. Sancristobal, J. Muir and D. Itano. 2018. Compendium of ISSF At-Sea Bycatch Mitigation Research Activities as of 9/2018. ISSF Technical Report 2018-20. International Seafood Sustainability Foundation, USA.
- V. Restrepo, L. Dagorn, G. Moreno, J. Murua, F. Forget, and A. Justel. 2019. Report of the International Workshop on Mitigating Environmental Impacts of Tropical Tuna Purse Seine Fisheries. Rome, Italy, 12-13 March, 2019. ISSF Technical Report 2019-08. International Seafood Sustainability Foundation, Washington, D.C., USA
- Schaefer, K.M., Fuller, D.W. 2013. Simultaneous behavior of skipjack (*Katsuwonus pelamis*), bigeye (*Thunnus obsesus*), and yellowfin (*T. albacares*) tunas, within large multi-species aggregations associated with drifting fish aggregating devices (FADs) in the equatorial eastern Pacific Ocean. *Mar. Biol.* 160, 3005-3014.
- Scott, G., Lopez, J., 2014. The use of FADs in tuna fisheries. IP/B/PECH/IC/2013-123. Available at: <http://www.europarl.europa.eu/studies>.
- Sempo, G., Dagorn, L., Robert, M., Deneubourg, J.-L., Blanchard, J., 2013. Impact of increasing deployment of artificial floating objects on the spatial distribution of social fish species. *Journal of Applied Ecology*, n/a-n/a.
- Torres-Iruneo, E., Amande, M.J., Gaertner, D., de Molina, A.D., Murua, H., Chavance, P., Ariz, J., Ruiz, J., Lezama-Ochoa, N., 2014. Bycatch species composition over time by tuna purse-seine fishery in the eastern tropical Atlantic Ocean. *Biodiversity and conservation* 23, 1157-1173.
- Zudaire, I., Santiago, J., Grande, M., Murua, H., Adam, P.-A., Collier, P.N.T., Morgan, M., Khan, N., Baguette, F., Moron, J., 2018. FAD Watch: a collaborative initiative to minimize the impact of FADs in coastal ecosystems. IOTC-2018-WPEB14-12.
- Zudaire et al. 2017. Testing designs and identify options to mitigate impacts of drifting FADs on the ecosystem. Indian Ocean tuna commission, IOTC-2017-SC20-INF07.