

Ciencia y Pesca en Asturias

José Luis Acuña Fernández
Academia Asturiana de Ciencia e Ingeniería

Resumen- Este artículo revisa algunos de los avances que se están produciendo en Asturias hacia una pesca artesanal sostenible, como el sello del Marine Stewardship Council de la Pesquería de pulpo del Occidente de Asturias, los Planes de Explotación del Percebe o la reciente formación del consorcio de colaboración entre pescadores y científicos REDEPESCA. Estas tres iniciativas, que atraen la atención de expertos, pescadores y público en todo el mundo, comparten una misma característica: requieren de la implicación profunda y decidida de la ciencia asturiana. El artículo termina planteando algunos de los desafíos a los que se enfrenta el sector pesquero asturiano, todos ellos relacionados con la competencia por el espacio marítimo con otros grupos interesados. Superar estos desafíos requerirá una cierta audacia por parte del sector pesquero, que deberá armarse de la mejor ciencia disponible. Sólo así podrán jugar con ventaja en los complejos procesos de adaptación y negociación a los que se enfrentará en un futuro próximo. Eso requerirá un fuerte compromiso de los investigadores con el sector pesquero asturiano.

La pesca artesanal se configura como la gran esperanza para la sostenibilidad de las pesquerías en el mundo. Al practicarse a bordo de barcos pequeños que vuelven a puerto todos los días, tiene una huella de carbono más reducida que la pesca industrial.

Las tripulaciones son pequeñas y a menudo familiares, con lo que las ganancias se reparten de forma más equitativa. Las artes suelen ser pasivas y más selectivas, generando menos

descartes y produciendo menos daños en los fondos marinos que los grandes arrastreros. Además, la pesca artesanal forma parte esencial de la identidad de los pueblos costeros y constituye un valioso patrimonio cultural allá donde persiste. Tras décadas de eficacia cuestionable, la Política Pesquera Común Europea se une ahora a una corriente global que persigue la reconstrucción de éstas pesquerías para garantizar un futuro más sostenible. Esta tarea será más factible en aquellos lugares en los que aún persiste un sector pesquero artesanal sobre el que iniciar la reconstrucción.

En Asturias quedan cerca de medio millar de pescadores artesanales, que faenan a bordo de algo más de 200 lanchas desde 19 puertos pesqueros (García de la Fuente, 2020; Figura 1). Es una flota modesta, con escaso relevo generacional - 47 años de promedio de edad - y en un preocupante retroceso en número de barcos y de pescadores.

Ciertamente, las nuevas generaciones abandonan la estela de sus mayores debido a un futuro incierto, con bajos precios de venta y en abierta competencia con pescadores de otras comunidades y países, además de con los furtivos. A esta incertidumbre se añaden los cambios actuales y futuros que genera el Cambio Climático y sus impactos sobre la pesca, la expansión de las Áreas Marinas Protegidas de la Red Natura

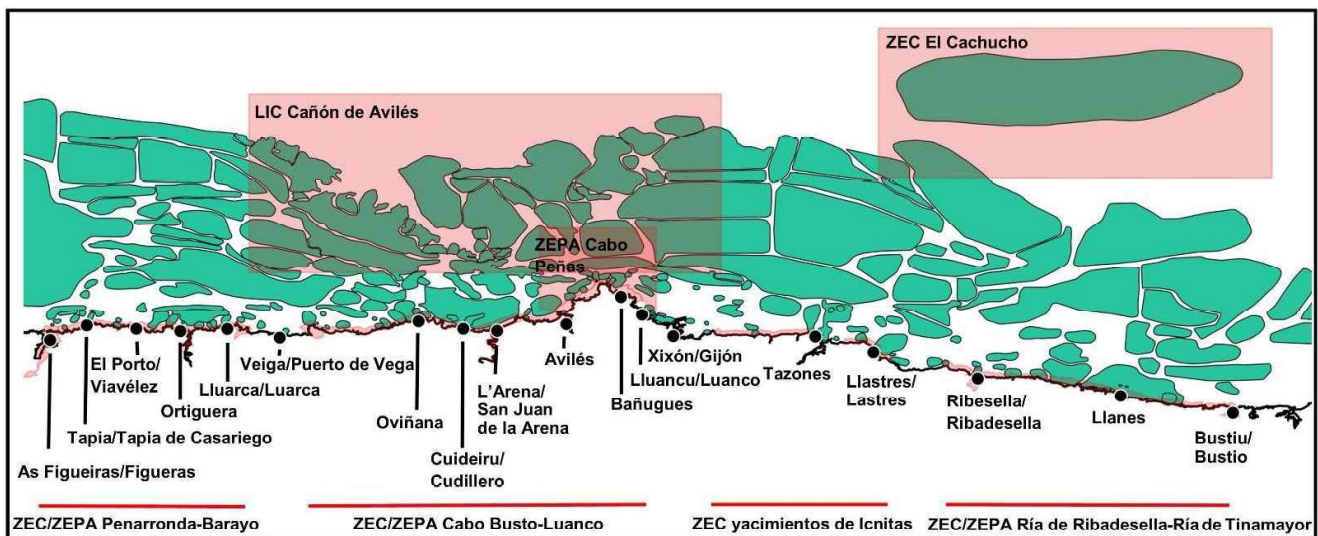


Figura 1. Mapa los puertos asturianos con cofradías, los caladeros y las zonas protegidas de la Red Natura 2000. Los polígonos verdes indican los caladeros, de acuerdo con la cartografía elaborada por el Centro de Experimentación Pesquera del Principado de Asturias (CEP), tras una exhaustiva campaña de entrevistas a pescadores. Puede ser consultado en un visor que el CEP pone a disposición del público, y que proporciona el nombre, tipo de fondo, las especies que se capturan y las artes que se utilizan en cada uno de esos caladeros (<http://www.sigmarinoasturias.es/>). Los rectángulos rojos en mar abierto indican las 3 principales zonas de protección esencialmente marinas de la Red Natura 2000 (capas GIS extraídas de su visor: <https://natura2000.eea.europa.eu/>). LIC es un Lugar de Interés Comunitario. Tras ser aprobado su plan de gestión, un LIC se convierte en ZEC, o Zona de Especial Conservación, ya plenamente integrada en la Red Natura 2000. Las ZEPAs son Zonas de Especial Conservación para las Aves. También se indican con polígonos rojos las ZEP/ZEPAs de la zona costera. Las líneas rojas de la zona inferior de la gráfica indican el nombre de esas zonas, con la excepción de la ZEC/ZEP A de la Ría del EO, que no se señala. Se indican además los nombres de los puertos que tienen cofradías de pescadores. Línea de costa extraída del Centro de Descargas del CNIG: <https://centrodedescargas.cnig.es/>

2000, especialmente el Cañón de Avilés, y la más que probable implantación de parques eólicos marinos en un futuro no muy distante.

En este panorama de incertidumbre y desmotivación, el pequeño y modesto sector pesquero asturiano consiguió en 2016 atraer la atención del mundo con una iniciativa que lo situaba en la avanzadilla de la lucha por la sostenibilidad. Tras un complejo y costoso proceso de evaluación, iniciado por las embarcaciones dedicadas al pulpo (*Octopus vulgaris*, Cuvier 1797) de las cofradías de Tapia de Casariego, Viavélez, Ortiguera y Puerto de Vega, con el apoyo del CEDER Navia-Porcía (posteriormente se unirían al proyecto otras embarcaciones de puertos vecinos constituidas en la asociación de pescadores ARPESOS), la pesquería de pulpo del occidente asturiano se convirtió en la primera del mundo de cefalópodos en recibir el prestigioso sello de sostenibilidad del Marine Stewardship Council (MSC). Desde ese momento hasta la actualidad, la experiencia con el pulpo del occidente asturiano nos ha enseñado el papel esencial de la ciencia en el complejo viaje hacia una pesca responsable.

I. EL SELLO DEL MARINE STEWARSHIP COUNCIL

La implantación del sello supuso un aumento en el precio de venta en lonja entre un 15% y un 25% con respecto al de puertos cercanos no certificados (Sánchez et al. 2020). Por primera vez se obtenía evidencia científica de un beneficio directo para los pescadores como consecuencia de la certificación MSC. La demanda es tan notable que los pescadores generalmente llegan a puerto con la carga ya vendida a intermediarios también certificados con la ecoetiqueta que distribuyen los pulpos por todo el mundo (Figura 2). El destinatario final son consumidores ambientalmente sensibilizados, dispuestos a pagar un coste extra por un pulpo capturado de forma sostenible. Pero estos beneficios, que dignifican el oficio de la pesca, llevan asociado un serio compromiso. Es en los entresijos de ese compromiso donde radica el papel esencial de la ciencia.

El sello MSC no se otorga a la ligera, sino tras un complicado proceso de certificación. Antes de la certificación, el número de lanchas y pescadores llevaba más de una década disminuyendo de forma continuada. Esta disminución tuvo un beneficio colateral: la disminución en el esfuerzo de pesca situó a la pesquería de pulpo del occidente de Asturias en el umbral de la sostenibilidad. Por otra parte, se trata de una pesquería en régimen de cogestión desde 2001 (Fernández-Rueda y García-Flórez 2007). La cogestión implica que sólo una lista limitada de cofradías puede pescar pulpos en la zona y que la gestión se realiza de forma conjunta entre los pescadores y la administración. Estos privilegios tienen una contraparte: los pescadores deben ceñirse escrupulosamente a las recomendaciones de gestión y proporcionar información pormenorizada sobre sus capturas.

La cogestión del pulpo generó una base de datos exhaustiva sobre las capturas y otros detalles de la pesca. Estos datos, unidos a un importante esfuerzo de investigación, mediante observadores a bordo, promovido desde el Principado de Asturias desde 2014 y con la colaboración de la Universidad de Oviedo, convirtieron a esta pesquería en una de las mejores documentadas de España. Esta ventajosa situación de partida,

junto con el apoyo del Grupo de Acción Costera de Navia-Porcía y una apuesta decidida de los pescadores, que invirtieron su dinero en la certificación, abrieron las puertas del MSC. La información científica generada jugó un papel decisivo en todo este proceso.



Figura 2. Un pescador de la zona occidental de Asturias muestra su captura. La lancha se haya inscrita dentro del sello de ecocertificación del Marine Stewardship Council (Foto: MSC-España).

II. ¿CUÁNTOS PULPOS HAY EN EL MAR?

El sello MSC no es una medalla que se otorga de por vida. Una entidad independiente evalúa la pesquería periódicamente, solicitando mejoras en aquellos aspectos en los que se detectan deficiencias. Esto incluye los cebos utilizados, la pesca accidental de otras especies, los límites en el número de nasas, y muchos otros detalles. Se trata de una auténtica evaluación continua que puede frustrar la renovación del sello si los problemas persisten.

Desde el principio, la falta de una evaluación del stock marcó el grueso de las críticas. Dicho en términos llanos: no se sabía cuántos pulpos había en el mar. Los límites en las capturas y en el esfuerzo de pesca se establecían siguiendo el principio de precaución, pero sin una base científica objetiva. Claramente, mantener el sello MSC requería mejoras en ese ámbito. Pero esta no era una tarea sencilla. Las grandes pesquerías de merluza, bocarte o xarda, por poner ejemplos familiares, tienen un volumen suficiente para justificar las costosísimas campañas científicas que se requieren para evaluar la biomasa del stock. Pero esto no sucede con muchas de las especies que explota la pesca artesanal, por lo que sus stocks permanecen sin evaluar. En el caso del pulpo, esta falta de conocimiento preciso ponía en peligro la renovación del sello MSC, y preocupaba por igual a pescadores y administración pesquera.

En 2018, un encuentro entre investigadores de la Universidad de Oviedo y expertos nacionales e internacionales en el modelado de stocks pesqueros arrojó alguna esperanza. Uno de estos expertos había desarrollado un procedimiento - Modelos de Depleción Generalizados - para evaluar el stock sin necesidad de costosas campañas científicas, utilizando

simplemente las capturas realizadas por la flota. Gracias al sistema de cogestión, las capturas se conocen en esta pesquería con gran precisión y resolución temporal. Esta riqueza de datos y la particular biología de los pulpos entusiasmaron a los científicos, que vieron una fabulosa oportunidad para poner a prueba sus métodos. Inmediatamente, los técnicos del Principado se movilizaron para alimentar los modelos con la cuantiosa información disponible, consiguiendo la primera evaluación de este stock y la respuesta a las exigencias del MSC en un tiempo record (Roa-Ureta et al. 2021). Además, los modelos pusieron al descubierto una fascinante biología poblacional, que nos situaba directamente en la frontera del conocimiento, planteando, al mismo tiempo, serias dudas sobre las bases tradicionales de la gestión pesquera.

El modelo mostraba que los pulpos de tamaño comercial - más de 1kg - reclutan fundamentalmente en enero, un mes después de abrirse la pesquería. Entre 2 y 18 semanas después, una fracción considerable de los pulpos desaparece, probablemente porque los pulpos hembra que entran en fase reproductora buscan un refugio para reproducirse y finalmente morir. Pero el aspecto más llamativo del estudio son las enormes e impredecibles oscilaciones de esta población de año en año, desde 10000 hasta casi 500000 reproductores (Figura 3). Se sabe desde hace tiempo que las poblaciones de cefalópodos son inestables, lo que muchos investigadores explican por una sensibilidad especial a las variaciones ambientales. Pero ahí es donde el modelo para la población de pulpo asturiana dio la sorpresa.

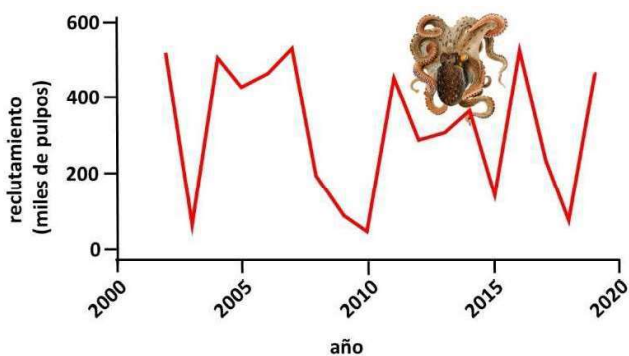


Figura 3. Variación en el tiempo del número de pulpos de tamaño comercial (más de 1 kg) que entran en la población de pulpo del occidente de Asturias cada año, estimados mediante Modelos de Depleción Generalizada (figura modificada de Roa-Ureta et al. 2021; dibujo del pulpo: Comingio Merculiano, Wikipedia, Dominio Público).

III. INESTABILIDAD INTRÍNSECA Y CAOS

En 1974, el investigador Robert May dió un paso importantísimo en la ciencia del caos. Utilizando un modelo muy simple, similar al aplicado a la población de pulpos de Asturias, demostró que, para valores determinados de los parámetros, su comportamiento se volvía fuertemente oscilante e incluso caótico, sin necesidad recurrir a perturbaciones externas para explicar esa dinámica (May 1974). Esto demostraba que el caos puede ser una propiedad estructural del comportamiento de sistemas simples. Esta demostración

revolucionó varios campos del conocimiento, señalando que los comportamientos caóticos, tan frecuentes en sistemas físicos, ecológicos o económicos, pueden deberse a sus propiedades intrínsecas y no a influencias externas.

Efectivamente, los parámetros obtenidos al modelar la población de pulpo del occidente de Asturias están muy próximos a los que se necesitan para generar una dinámica caótica, lo que explica sus fuertes oscilaciones (Figura 3). Dicho de otro modo, la inestabilidad de esas poblaciones es algo estructural, por lo que no es necesario invocar causas ambientales para explicarla. Los valores de esos parámetros serían por una parte el resultado de un ciclo vital muy corto. Los pulpos pueden vivir hasta algo más de un año, generalmente menos y, al ser semélparos, mueren después de la reproducción. Tienen, por ello, diferencias decisivas con respecto a especies que se reproducen varias veces a lo largo de su vida - iteróparas - como merluza, xarda y otras muchas, en cuyas poblaciones coexisten individuos de edades muy diferentes, lo que les confiere una gran estabilidad poblacional. Pero hay además otro rasgo importante de los pulpos que podría estar relacionado con su inestabilidad poblacional. Un rasgo que pertenece a la vida oculta de estos animales.

IV. CANÍBALES A LA GALLEGA

Los pulpos son caníbales. El proceso ha sido documentado por investigadores gallegos con vídeos increíbles que muestran a individuos de gran tamaño atacando a otros más pequeños (https://www.youtube.com/watch?v=0_a-89FABXo). No es información nueva. En los estómagos de pulpo suelen encontrarse patas de otros pulpos. El vídeo sólo - y nada menos - es una confirmación directa de este comportamiento: el canibalismo está extendido entre los pulpos.

La Ecología Teórica nos dice, además, que el canibalismo puede producir inestabilidad en las poblaciones, pero sólo si implica a individuos de diferentes cohortes. Es decir, si los pulpos nacidos un año pueden depredar a pulpos nacidos el año siguiente. ¿Es esto posible en las poblaciones de pulpos de Asturias? Aún no se conoce la respuesta, pero, como en una buena novela de crímenes, tenemos pruebas circunstanciales que apuntan en esa dirección. Los pulpos duran hasta algo más de un año. Un pulpo nacido a principios del periodo de reclutamiento puede crecer a tiempo de reproducirse al año siguiente, completando así un ciclo anual. Sin embargo, se sospecha que un pulpo que nace a finales del periodo reproductor no crecería a tiempo para reproducirse, retrasando su reproducción hasta el periodo siguiente (Figura 4). En este caso, durante un breve periodo coincidirían pulpos grandes, de más de un año de edad, con pulpo más pequeños, del año anterior, pudiendo darse el canibalismo entre cohortes diferentes. El canibal no solo obtiene una fuente extra de alimento, sino que también elimina a un potencial competidor por los refugios reproductores, especialmente si estos escasean. Sin duda, esto puede suceder cuando la población de pulpos es muy abundante. Esta explicación ha sido avanzada por científicos gallegos, pero requerirá más investigación para estar plenamente consolidada.



Figura 4. Un pulpo que nace a finales de 2018 podría tardar más de un año en llegar a la madurez sexual, mientras los primeros pulpos que nazcan en 2019 llegarían a la madurez sexual al año siguiente, pero con un tamaño menor. Los pulpos nacidos en 2018, más grandes, podrían atacar a los nacidos en 2019, más pequeños, generando inestabilidad en la población (dibujo del pulpo: Shutterstock).

V. RENDIMIENTO MÁXIMO (IN)SOSTENIBLE

Canibalismo, caos, poblaciones inestables, ..., la investigación ligada al MSC nos ha adentrado en la vida misteriosa de los pulpos y en los territorios propios de la Ecología Teórica más básica. Pero también remueve los cimientos de la ciencia aplicada, mostrándonos que quizás deberíamos modificar nuestra manera de gestionar esta pesquería. El Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) es un número mágico que resulta de los modelos poblacionales. Equivale a la máxima tasa de extracción de recurso que permite, al mismo tiempo, la continuidad de la población sin agotarla a consecuencia de la sobrepesca. Es la solución perfecta. Si el gestor de la pesquería sitúa el límite de capturas en el RMS, teóricamente, los pescadores extraerían la máxima cantidad de pulpo sin comprometer su pesca en años venideros.

Por esta razón, durante décadas el RMS ha sido un Santo Grial para los gestores de pesquerías, su objetivo y su guía. De hecho, sabemos que las pesquerías gestionadas según este límite son, en general, más sostenibles que otras pesquerías en las que no se dispone de modelos analíticos para la gestión. Pero también ha habido sonoros fracasos, y la comunidad científica lleva tiempo recelando del RMS como herramienta de gestión. El pulpo del occidente de Asturias añade motivos suficientes para utilizar otros métodos mejor adaptados a su particular dinámica poblacional. Las simulaciones de los modelos muestran el potencial efecto desestabilizador que tiene la pesca cuando se realiza en el entorno del RMS. Por ese motivo, el pulpo de Asturias nos obliga a replantear los objetivos de gestión de acuerdo con otras premisas más rompedoras. El desarrollo de nuevas herramientas de gestión constituye otro reto apasionante y una frontera de la ciencia.

VI. COGESTIÓN

La existencia de un sistema de cogestión para el pulpo asturiano influyó de forma determinante en la concesión del sello MSC. Pesca artesanal y cogestión son palabras que suenan cada vez más en los foros de pesca, incluyendo la Política Pesquera Común de la Unión Europea. En la cogestión, administración y pescadores (y en algunos casos científicos, ONGs y otros grupos implicados) se ponen de acuerdo para



Figura 5. Arriba, pesca del sonso en la costa catalana. Abajo, cajas de sonso en la lonja (fotos: WWF-España).

lograr unos objetivos de gestión que sean sostenibles. Todos los implicados contribuyen con su conocimiento y aspiraciones, proporcionando soluciones a los problemas a medida que estos se presentan. Por esta razón, las pesquerías cogestionadas se adaptan mejor a los cambios, aportando soluciones que responden a las necesidades locales de la pesquería y de la sociedad. No obstante, es muy frecuente que la cogestión se instaure después de una profunda crisis del recurso. Por ejemplo, la amenaza de cierre de la pesquería de sonso, un pequeño pez típico de la costa catalana, sirvió para lanzar uno de los planes de cogestión más exitosos y con más visibilidad internacional de nuestro país (<https://www.youtube.com/watch?v=99YXzG3-5GI>; Figura 5). Hoy en día la cogestión ha sido incorporada como un elemento esencial de la legislación pesquera catalana.

La cogestión suele ir asociada a sistemas de cesión de derechos. Por ejemplo, en los sistemas de cesión en el uso del territorio, a un grupo de pescadores se les concede la exclusividad para pescar una especie o especies en una zona del mar determinada. A cambio de este privilegio, los pescadores se comprometen a respetar las normas y a proporcionar datos detallados de capturas y otros detalles. Esto es muy diferente de una pesquería en régimen abierto, en donde cualquier pescador puede acceder a ese territorio, compitiendo unos con otros. Es lo que se conoce como "tragedia de los bienes comunes", que

frecuentemente lleva a la sobreexplotación del recurso. Pues bien, los sistemas de cesión de derechos cortocircuitan esta "tragedia", favoreciendo el reparto ordenado del recurso entre los pescadores, que se ponen de acuerdo con otros agentes en la mejor forma de gestionarlo. En el fondo, no es sino un sentido de propiedad del recurso, que les mueve a cuidarlo.

Las pesquerías cogestionadas y con derechos de uso son muy raras en Europa y en España. Los pocos ejemplos que hay suelen generar el interés de la comunidad científica y de los gestores de la política pesquera europea, que quieren promover estas prácticas en otras pesquerías. Curiosamente, de un modo discreto y anodino, como casi todo lo asturiano, nuestra región alberga uno de los más fascinantes sistemas de cogestión del mundo: los planes del percebe.

VII. LOS SINGULARES PLANES DE EXPLOTACIÓN DEL PERCEBE DE ASTURIAS

En los inicios de la década de los 80, el marisqueo del percebe en Galicia experimentaba una profunda crisis debida, en parte, al furtivismo. El percebe era una salida fácil y lucrativa para una generación de jóvenes con escasa formación y en ocasiones enredados en las drogas. Este y otros motivos llevaron a un agotamiento de las zonas de percebe que preocupaba profundamente a los percebeiros profesionales. En 1983, la Cofradía de Malpica dio un paso al frente y, en colaboración con la Consellería de Pesca de Galicia, organizo el primer "Plan de Recuperación del Percebe", que no era otra cosa que un sistema cogestionado con derechos de uso del territorio. El éxito de este experimento hizo que la cogestión se propagara rápidamente, primero a la Cofradía de Corme, y después al resto de cofradías percebeiras de Galicia. Esta expansión viral es muy similar a la que se dió en Chile con los planes de cogestión en la pesquería de locos —un gasterópodo muy apreciado— o en Filipinas para las Reservas Marinas municipales.

En 1993, la cogestión gallega se adoptó en Asturias. A propuesta de la Dirección General de Pesca Marítima del Principado de Asturias se declaró el primer "Plan de Explotación del Percebe" en la Cofradía de Ortiguera, en 1994. En 2001, el sistema ya se había extendido a las cofradías de Tapia-Figueras, Viavélez, Puerto de Vega, Luarca, Cudillero-Oviñana y Cabo Peñas (Figura 6). Recientemente, se ha incorporado la Cofradía de San Juan de la Arena-Avilés y existen expectativas de que el éxito conseguido anime a adherirse a otras cofradías de la costa oriental asturiana. Pero lo que hace realmente interesante y diferente al sistema de cogestión seguido en Asturias es la fina escala espacial a la que las cofradías gestionan el recurso.

Un Plan de Explotación de Percebe abarca una franja de costa de decenas de kilómetros a lo sumo, alrededor de la Cofradía en la que se ha implantado. Los percebeiros asturianos eran conscientes de que la calidad del percebe dependía de las piedras; el corolario lógico era que la gestión debía de considerar cada piedra de forma individualizada. Pongamos un ejemplo: la extracción de percebe en las mejores piedras optimizaría el retorno económico si se llevaba a cabo para las fiestas navideñas, cuando los precios de venta son más altos. Esta consideración llevó a la Dirección General de Pesca Marítima a levantar un mapa detallado de las calidades de los percebeiros en todas las

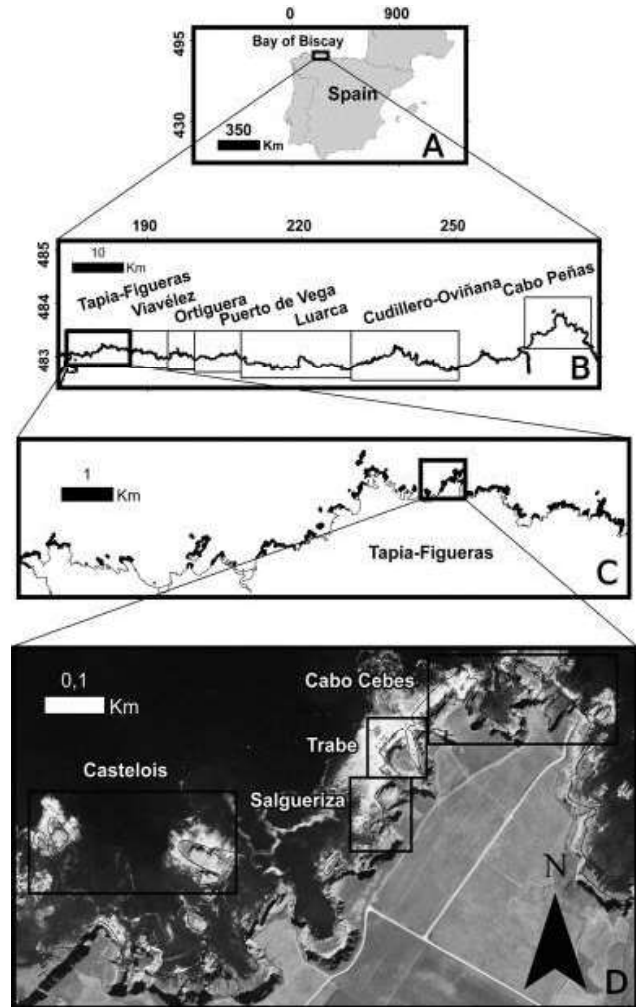


Figura 6. Planes de Explotación del Percebe en Asturias A: Situación de Asturias en España. B: Mapa del Occidente de Asturias mostrando la localización de cada uno de los planes declarados en 2001. C: Mapa detallado de la zona de costa correspondiente al Plan de Tapia-Figueras. Los puntos negros son zonas de percebe. D: Detalle del Cabo Cebes, en el Plan de Tapia-Figueras, mostrando algunas de las piedras, que reciben una microgestión individualizada. Castelois y Trabe son áreas de calidad intermedia o mala que suelen estar abiertas toda la temporada. Salgueriza es un área de buena calidad, que se gestiona mediante vedas parciales. Cabo Cebes también es un área de buena calidad, que suele recibir cierres anuales para su recuperación (tomado de Rivera *et al.* 2014).

piedras del occidente de Asturias tomando como base la información proporcionada por los percebeiros. Sobre este mapa, los percebeiros diseñaron planes pormenorizados para cada piedra (Figura 6). Las piedras de mejor calidad sólo se abren durante el periodo Navideño; las de menor calidad se abren durante periodos más largos, o incluso durante toda la temporada. Y, por último, ciertas piedras que han sido particularmente explotadas y muestran síntomas de agotamiento, se reservan durante un año para favorecer la recuperación de las poblaciones de percebe. La resolución espacial de éste modo de gestión tiene pocos análogos en el mundo.

En 2008, la Universidad de Oviedo lanzó el Master ERASMUS MUNDUS *Biodiversidad Marina y Conservación*, un programa que atrae a alumnos de todo el mundo. En su primera edición, se invitó al Profesor Juan Carlos Castilla, una autoridad mundial en la explotación sostenible de ecosistemas costeros. El Master reunió al profesor Castilla con pescadores de percebes, administración e investigadores asturianos en una Jornada de Pesca Sostenible que tuvo lugar en el Acuario de Gijón, donde se identificó la excepcionalidad de los Planes de Percebe y su extraordinario interés científico. Aquello inició una intensa línea de investigación en la Universidad de Oviedo con

un gran éxito, que ha sido financiada con varios proyectos españoles y europeos, y se ha traducido en una serie de artículos científicos y de diseminación, y una relación continuada con el sector. Las evidencias aportadas por ésta colaboración entre científicos y pescadores señalan a este sistema como ejemplo e inspiración para otras pesquerías en el mundo (Figura 7). Un detallado documental sobre el tema se encuentra disponible en la siguiente dirección: <https://www.youtube.com/watch?v=ORCLpsHPkwl&t=559s>). Gracias a este entendimiento se progresa social, económica y ambientalmente en Asturias.

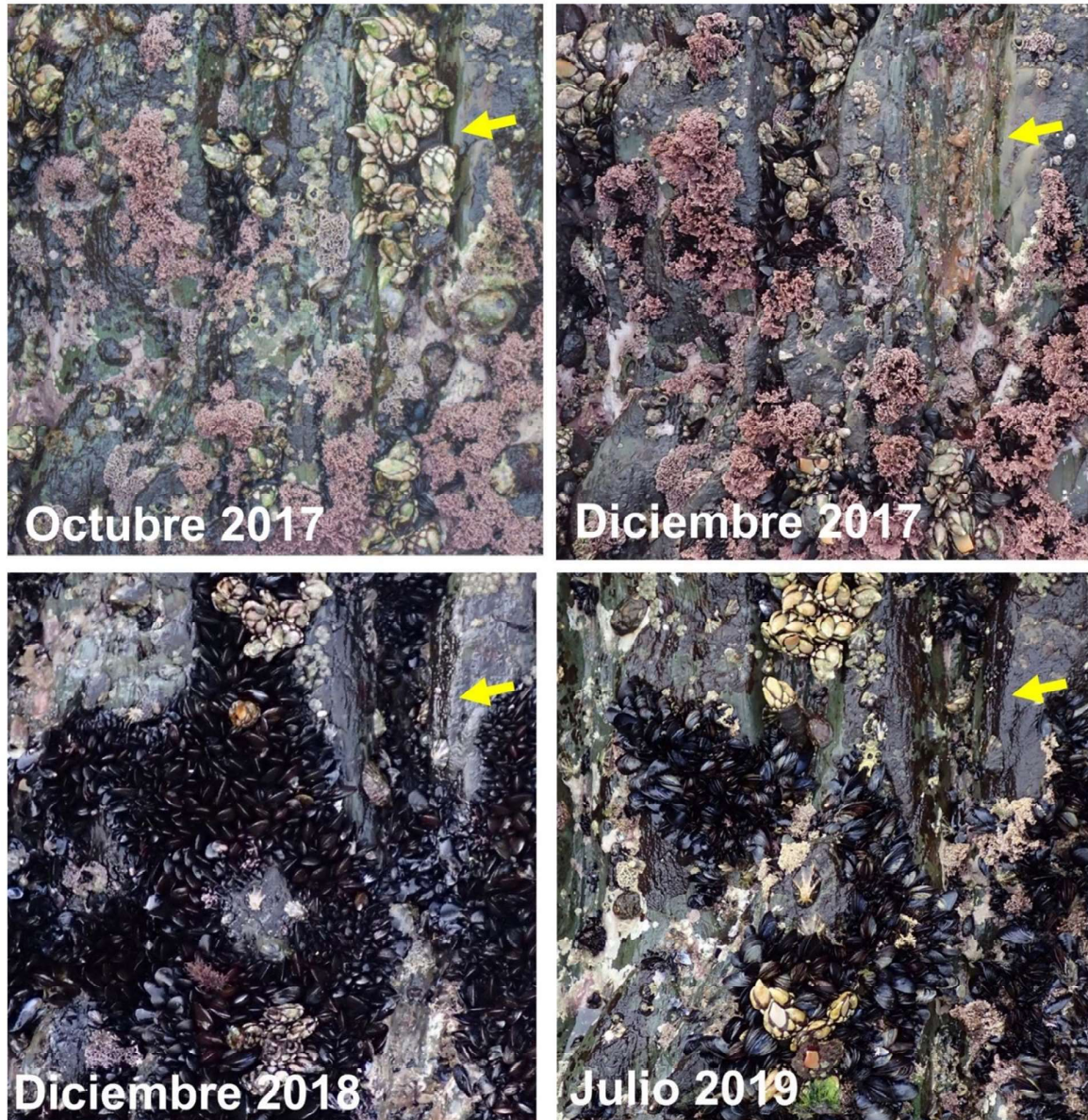


Figura 7. Las imágenes corresponden a superficies experimentales en las que se sigue la evolución de percebes y otras especies en el sistema intermareal rocoso asturiano a lo largo del tiempo. En ellas se observa que la explotación humana afecta a todo el ecosistema, no sólo a la especie objetivo. En octubre de 2017 se aprecia un “piño” de percebes (flecha amarilla), que desaparece como consecuencia de la explotación en Diciembre de 2017 dejando un espacio vacío de roca desnuda. Un año después, en Diciembre de 2018, el hueco se ha cubierto de pequeños mejillones, que en Julio de 2019 han vuelto a desaparecer. Las comunidades intermareales son extraordinariamente dinámicas, aunque los percebes recuperan el terreno perdido muy lentamente. El modelado de la dinámica espacial de ésta comunidad puede ayudarnos a gestionar de una forma sostenible la explotación de percebes (resultados del proyecto PERCEBES de la UE; <http://www.unioviado.es/percebes/>).

VIII. EN LA VÍA DE LA COGESTIÓN: LOS PLANES DEL OCLE

El ocle -algas del género *Gelidium*, en particular *Gelidium corneum*- se recolecta con fines comerciales en Asturias desde mediados del siglo pasado, aunque hay constancia de su uso tradicional en aplicaciones terapéuticas y como abono para los cultivos. Del ocle asturiano se extrae agar, un polisacárido gelificante que se utiliza en microbiología, biología molecular y alimentación. La forma más antigua y artesanal de **recolección del ocle consiste** en recoger las arribazones que se acumulan en las playas después de las tormentas de finales de verano (Figura 8). Todavía hoy se pueden ver en muchas playas los restos de las torretas y los motores que se usaban para subir las cargas de ocle. Esos sistemas han cedido paso, en la actualidad, a los tractores, que operan en playas con acceso rodado. Era también muy típica la imagen de los grandes secaderos de ocle ubicados en las praderas costeras.

Más recientemente, la recogida de arribazón coexiste con el arranque a mano por buceadores. El material recogido de esta manera tiene una calidad mejor que el de arribazón y se vende a precios más altos.

Se puede decir que la gestión del ocle en Asturias es modélica, y que se dan las condiciones para que éste sistema pase a un régimen de cogestión similar al del percebe o al del pulpo. La costa se divide en varios sectores, donde los campos de ocle han sido mapeados con gran detalle (Figura 9). Las lanchas que se dedican al ocle deben declarar los kilos extraídos y, además, incorporan en las lanchas dispositivos de localización que permiten al Centro de Experimentación Pesquera determinar con precisión cuándo y dónde se extrae ocle de los campos submarinos.

Este seguimiento, ha permitido establecer que las cosechas totales se mantienen estables en el tiempo, y que el crecimiento de las algas compensa la biomasa recogida, de acuerdo con lo estimado por buceadores *in situ*. Esta situación contrasta con la del País Vasco, donde se ha detectado un claro declive de las poblaciones, probablemente relacionado con factores climáticos. Esto ha llevado a la prohibición de la extracción directa en esa Comunidad Autónoma, permitiéndose exclusivamente la recogida de arribazón.

La recogida de ocle está claramente en la senda de la sostenibilidad, si las preocupantes tendencias que se observan en el País Vasco no se extienden a la costa asturiana. Por su parte, la resolución de las tensiones entre recolectores de arribazón y recolectores en los campos submareales de la zona oriental se resolverá cuando se disponga de una estima precisa de la biomasa recogida en las arribazones. Así se podrá determinar si la actividad de recogida de los buceadores afecta a la extracción en las playas.

IX. PESCADORES Y CIENTÍFICOS ASTURIANOS

El MSC, el Plan de Gestión del Pulpo y los Planes de Explotación del Percebe han cambiado la visión que los pescadores tienen de la ciencia. De observadora impertinente a aliada. De sumidero de datos a fuente de herramientas para una mejor salud - ecológica y económica - de las pesquerías. Saben que su esfuerzo en la recogida de datos tiene una finalidad:



Figura 8. Recogida de ocle de arribazón a mediados del siglo XX. La foto superior corresponde a alguna playa en la costa de Llanes, fecha desconocida. La foto inferior fue tomada en la playa de San Antolín, en 1960 (fotos cortesía de Eva M. Galán Fernández; Galán Fernández 2018).



Figura 9. Localización de los campos de ocle en Asturias, obtenida a partir del visor de la Dirección General de Pesca Marítima (<http://www.sigmarinoasturias.es/>)

dignificar su trabajo y garantizar su sostenibilidad económica y ambiental. A los científicos nos proporciona un fascinante sujeto de estudio, que además de atraer la mirada de colegas de todo el mundo, permite a jóvenes científicos completar sus estudios con trabajos de Grado, Master y Doctorado. Pero sobre todo nos ha permitido comprender la necesidad de colaboración y entendimiento entre ambos mundos, antes muy separados e incluso antagónicos, dotando a los científicos de la humildad suficiente para hablar con los que día a día dedican sus afanes a la obtención de su medio de vida.

Muchos otros asuntos del sector pesquero requieren del apoyo decidido de la ciencia, en todas sus disciplinas. La Economía permitirá cuantificar el valor económico del sector pesquero artesanal y su sostenibilidad económica y social. La Sociología nos permitirá sondear las percepciones de los

pescadores, mientras que la Ecología y la Biología pesquera nos ayudarán a evaluar stocks, verificar el origen de las capturas o plantear la organización del espacio pesquero. Todas las disciplinas en su conjunto deberán movilizarse para abordar los grandes desafíos a los que nos enfrentamos, como la gestión de unos stocks cambiantes, la cohabitación de la pesca con las plantas de generación eólica en el mar abierto, o el Cambio Climático.

En un esfuerzo para alinear ciencia y pesca en Asturias, la Dirección General de Pesca Marítima dio, en 2018, un gran paso, creando REDEPESCA, una red de colaboración entre pescadores, gestores de pesca, científicos y ONGs, cuyo objetivo es enfrentar los desafíos del sector desde la mejor ciencia disponible. Representantes de las cofradías de pescadores se reúnen periódicamente con científicos del Principado, Instituto Español de Oceanografía, Universidad de Oviedo y con organizaciones ecologistas. El objetivo de estas reuniones es debatir los temas que preocupan al sector pesquero y movilizar la ciencia para obtener las mejores diagnósticos y propuestas. Esta iniciativa, que ha atraído las miradas de otras comunidades autónomas, marca un claro camino a seguir en el futuro.

Los primeros pasos de REDEPESCA están siendo lentos y difíciles, debido a una rigidez burocrática que impide la puesta en marcha de proyectos. A pesar de ello, ya se han desarrollado iniciativas muy prometedoras, tratando, por ejemplo, el problema del anisakis - parásito del pescado con efectos negativos sobre el precio y la salud humana - o el problema de las basuras en el mar. Son asuntos importantes, que preocupan al sector y a la sociedad y que deben analizarse sin demora. Sin embargo, el sector pesquero es mucho más reticente a la hora de explorar otros asuntos que se encuentran fuera de su zona de confort y en los que anticipan influencias negativas sobre su actividad. En mi opinión, es en el análisis y propuestas de solución de esos asuntos donde radican los desafíos para los próximos años o décadas. Y muchos de ellos tienen un denominador común: la gestión del espacio marítimo.

X. UNA GEOGRAFÍA OCULTA BAJO EL MAR

Las personas que trabajamos en tierra firme solemos ver el mar como una inmensidad homogénea e inabarcable. No hay lugares especiales o característicos, más allá de olas que aparecen y se desvanecen en cuestión de segundos o la siempre cambiante línea del horizonte. Pero para el pescador, el mar es un territorio de montañas, valles, grandes cañones y plácidas playas de arena, tan reales y cotidianos para él como lo son para nosotros los montes y relieves de nuestro entorno.

Mar del Perejil, El Cornorio, Los Reviros de la Sabina, El Calvario del Oeste, El Manantial, y otros muchos que ellos identifican sin dudar, son nombres de caladeros, evocadores de una geografía oculta que se transmite de generación en generación (Figura 1). Durante siglos, esta geografía ha sido el dominio indisputado de los pescadores. Indisputado, que no sin disputas. En ocasiones, un desacuerdo entre pescadores sobre el uso de esos caladeros ha escalado hasta hacerse un hueco en las noticias. Por ejemplo, entre los años 60 y 80 del siglo pasado se gestó a guiso lento un conflicto entre los pescadores de pincho

y los volanteros, que se disputaban los ricos caladeros de merluza de la zona de Cudillero. Los pescadores de pincho sostenían que la volanta dañaba los fondos en los que cría ésta y otras especies, y no dejaban de tener razón. Hoy en día sabemos que estos fondos están cubiertos de arrecifes de coral que dan cobijo a una extraordinaria diversidad de especies y que son un auténtico criadero para muchas especies. Esta disputa se zanjó con la exclusión de la volanta de determinadas áreas, configurando una zonificación de actividades que se ha incorporado al acervo tradicional de los pescadores asturianos. Lo que sucede en la mar, se queda en la mar.

Se puede decir que los mayores conflictos siempre han surgido por un problema de competencia por el espacio. Un buen ejemplo ha sido el tímido intento de iniciar cultivos de mejillones en aguas abiertas en Asturias, que fracasó tras la oposición frontal del sector pesquero, al solapar las instalaciones de cultivo con algunos de sus caladeros habituales. Pero hasta el momento, el mar asturiano ha sido un territorio enteramente por y para la pesca. Ni el tráfico marítimo, ni otras actividades han reclamado espacio ni establecido algún tipo de competencia con las actividades pesqueras. Pero ésta situación de privilegio podría estar a punto de cambiar.

XI. UN NUEVO JUGADOR: LA RED NATURA 2000

En 1986, la empresa Hidroeléctrica del Cantábrico contrató a la Universidad de Oviedo para analizar el impacto de un eventual vertido de escoria de carbón en la zona del Cañón de Avilés. Un equipo de jóvenes oceanógrafos con muy poca experiencia dirigidos por el Profesor Emilio Anadón se embarcó en el buque "Noega" para explorar las profundidades marinas en el entorno del cañón, catalogar su diversidad biológica y documentar el funcionamiento de los ecosistemas que se encontraran en la zona. Aunque, afortunadamente, el vertido nunca llegó a producirse, los resultados de la exploración generaron numerosas publicaciones científicas y tesis doctorales que consolidaron la oceanografía en Asturias y pusieron a ésta región en el mapa de la investigación marina.

Los estudios dieron cuenta de la influencia sobre la zona de estructuras oceanográficas características, como la presencia de un afloramiento costero o corrientes salinas hacia el este en el talud continental. Además, se detectó la presencia de más de 800 especies de invertebrados, incluyendo grandes arrecifes de coral, que situaban al Cañón de Avilés como una zona de elevada diversidad biológica (Louzao et al. 2010). Posteriormente, investigaciones por parte del Instituto Español de Oceanografía (IEO, Proyecto INDEMARES; Sánchez et al. 2014) y de la Universidad de Oviedo (Proyecto BIOCANT) consolidaban el estatus especial de esta zona del mar y arrojaban luz sobre aspectos fundamentales del funcionamiento de los ecosistemas marinos (Figura 10). Estos hallazgos en el Cañón de Avilés se unían a la presencia de arrecifes de coral en el banco submarino de El Cachucho, descubierta por el investigador francés Edouard Le Danois en los años 30, e indicaban que las aguas costeras de Asturias son un "punto caliente" de diversidad marina.

En 1992, pocos años después del descubrimiento de corales en el Cañón de Avilés, arrancarían la Directiva Hábitats de la UE, con el objetivo de proteger espacios naturales con valores especiales de conservación. El instrumento de esta Directiva es la Red de espacios protegidos Natura 2000. Aunque la red estaba centrada inicialmente en los espacios terrestres, a partir del año 2000 se embarcó en una carrera por la declaración de nuevos espacios protegidos en el mar, como consecuencia de

compromisos internacionales y la cada vez mayor preocupación social por la salud de nuestros mares. Esto puso a dos zonas de Asturias en el punto de mira para la declaración de zonas Natura 2000 marinas: el Cachucho y el Cañón de Avilés (Figuras 1 y 11), ambos seleccionados, entre otras cosas, por los importantes arrecifes coralígenos de sus fondos. Los mismos que motivaron en su día el conflicto de la volanta.

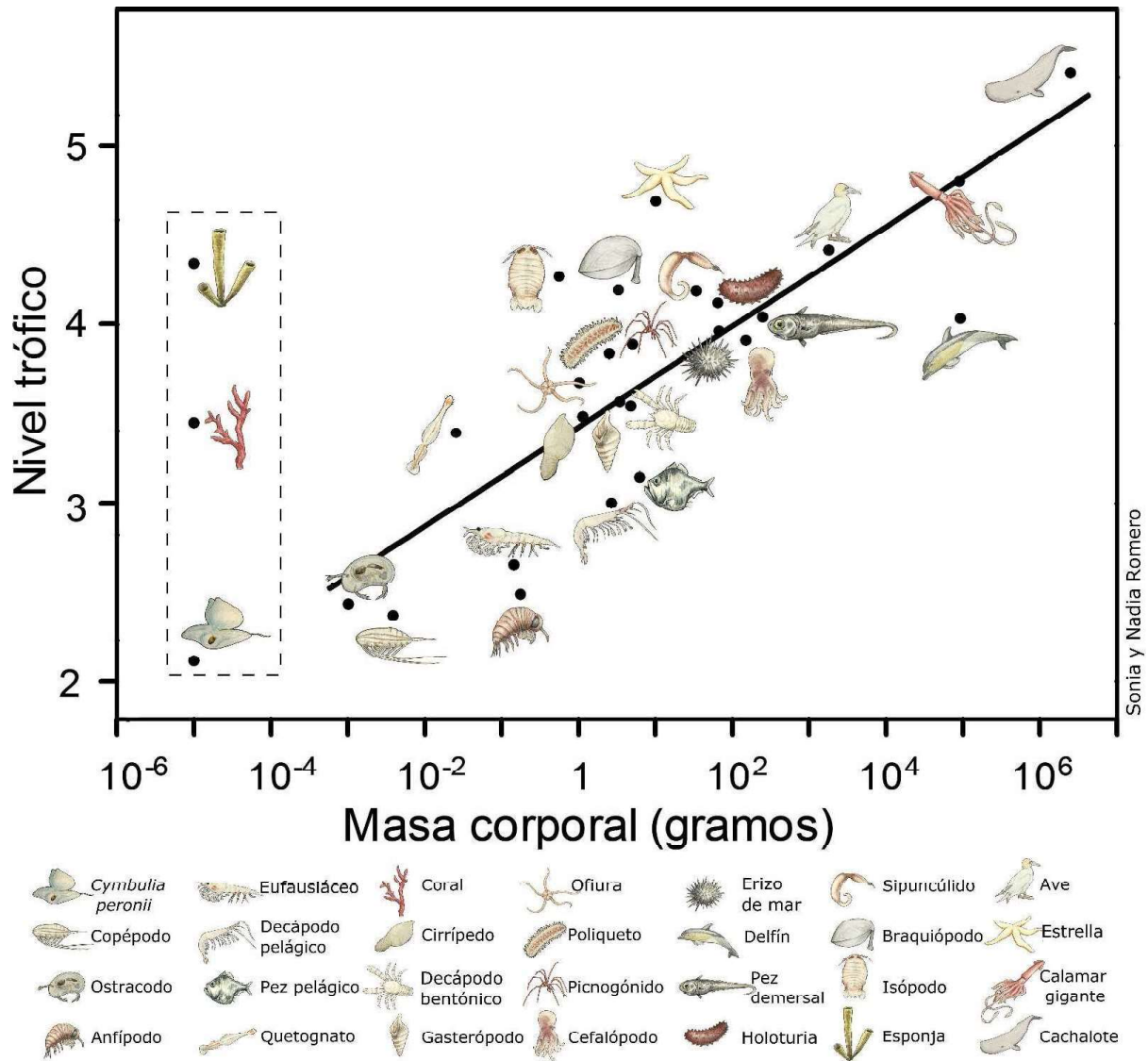


Figura 10. Estructura trófica del Cañón de Avilés. "El pez grande se come al chico" es una frase hecha muy popular, que tiene una versión también muy extendida en la literatura académica: las especies de tamaño más grande ocupan un lugar más alto en la pirámide trófica. Curiosamente, esta afirmación carecía hasta hace poco de fundamento empírico. Mediante el análisis de isótopos estables del nitrógeno, los oceanógrafos de la Universidad de Oviedo han conseguido demostrar empíricamente la relación entre el nivel trófico y la masa corporal en el Cañón de Avilés. Para ello, realizaron análisis en una gran variedad de organismos desde pequeños ostrácodos y copépodos hasta los calamares gigantes y los cachalotes que habitan en las profundidades del Cañón (figura cortesía de Sonia y Nadia Romero; datos de Romero et al. 2016).



Figura 11. Presentación en Madrid de la primera propuesta de Areas Marinas Protegidas para la Red Natura 2000 de España, en 2006. El sector pesquero estaba muy poco representado en ésta reunión. La foto de abajo muestra el plan, encargado a WWF por el Ministerio de Medio Ambiente. Nótese que, en aquel primer plan, el Area Marina Protegida del Cañón de Avilés llegaba hasta la costa, lo cual tiene todo el sentido desde un punto de vista funcional.

Posteriormente, el area se desconectaría de la costa (ver Figura 1). Esto puede ser debido a una interpretación estricta de la Directiva Habitat, que limitaba el area de protección a aquellos habitats que aparecían en el listado, en éste caso los arrecifes de coral que se encuentran alejados de la costa.

Por otro lado, llevar el Area Marina del Cañón de Avilés hasta la costa probablemente generaría conflictos de competencia, ya que las zonas costeras son gestionadas por el Principado de Asturias, mientras que el mar abierto es competencia del Gobierno Central.

De hecho, el Cachucho ya es miembro de pleno derecho de la Red Natura 2000, no exento de cierta polémica por errores en la negociación con el sector pesquero. Esos errores provocan un recelo comprensible por parte del sector en un momento en el que se trabaja en la elaboración de un plan de gestión para el Cañón de Avilés. A pesar de ello, es más que probable que la declaración de una zona de especial conservación en el Cañón de Avilés no suponga impactos de importancia sobre la actividad del sector pesquero. El motivo es simple: existe un solapamiento muy limitado entre los ecosistemas que la Directiva Habitats intenta proteger y las zonas de actividad pesquera. Lo que quizás se deba a que sólo quedan intactos aquellos lugares no afectados previamente por las artes de pesca

destructoras (Figura 12). En todo caso, el Cañón de Avilés deberá de ser gestionado, y ese plan de gestión deberá conciliar los intereses del sector pesquero con los importantes valores naturales de la zona.

XII. RESERVAS MARINAS

En una reciente evaluación, la UE ha detectado la escasez de Reservas Marinas en la Red Natura 2000. Una Reserva Marina es una zona del océano en la que se prohíbe la pesca de una o más especies para que actúe de criadero, de modo que ayude en



Figura 12. Marcas dejadas por los arrastreros en el fondo marino (foto: GRC Geociències Marines, Universitat de Barcelona)

la recuperación de la pesca en las zonas adyacentes. Las reservas marinas no sólo permiten la recuperación de la pesca. Si son gestionadas con éxito, el ecosistema vuelve a una situación que se acerca al estado primigenio, convirtiéndose en ejemplos vivientes del importante efecto que la actividad humana tiene sobre el mar. Por ese motivo, las Reservas Marinas no sólo son interesantes para el sector pesquero, sino que también atraen a turistas y a científicos, interesados por el estudio y contemplación de una naturaleza marina en un estado de conservación excelente.

Hoy en día, existen Reservas Marinas en casi todas las Comunidades Autónomas de España, con la excepción de Asturias y Cantabria. Asturias debería de explorar esa vía. Una Reserva Marina en Asturias, asociada a uno de los lugares de la Red Natura 2000, nos permitiría adelantarnos a lo que sin duda va a ser una exigencia de la UE. ¿Dónde se podría establecer alguna de esas reservas? En mi opinión, no tiene mucho sentido asociarlas al Cachucho o al Cañón de Avilés (Figura 1). En esos lugares seguramente se podrán cumplir muchos de los objetivos de conservación sin la necesidad de excluir la pesca y en todo caso su vigilancia sería probablemente muy costosa. Una Reserva Marina despliega todo su potencial cuando se establece en zonas costeras, accesibles para los ciudadanos, los servicios de vigilancia y los investigadores.

La Universidad de Oviedo cuenta con uno de los programas de Máster sobre el medio marino con más calidad y popularidad de Europa, que cada año atrae a decenas de estudiantes de todos los lugares del mundo, el IMBRSea (Figura 13). En una Reserva Marina, estos estudiantes podrían desarrollar actividades investigadoras y docentes, que ampliasen nuestros

conocimientos sobre el funcionamiento de ecosistemas y especies y sobre el medio marino, y podría actuar como polo de atracción para investigadores de instituciones de otras comunidades o países. Todo ello expandiría las posibilidades de colaboración y dinamización científica lo que sin duda ayudaría a una mayor colaboración internacional y una mejor resolución de problemas. Por ese motivo, estimo que la mejor localización para una reserva en Asturias o, mejor dicho, para la primera Reserva Marina en Asturias, debería estar asociada a uno de los sitios Natura 2000 costeros (Figura 1). El establecimiento de reservas aportaría una dimensión marina a éstos sitios, que hasta la fecha han sido gestionados de espaldas al mar, probablemente por motivos competenciales.



Figura 13. Estudiantes y profesores del Master ERASMUN MUNDUS en Biodiversidad Marina y Conservación de la Universidad de Oviedo (hoy IMBRSea; <http://www.imbrsea.eu/>) trillan una muestra obtenida mediante dragas del fondo del Cañón de Avilés a bordo del Buque Oceanográfico Sarmiento de Gamboa, en 2012, dentro del proyecto BIOCANT/DOSMARES (foto: Jorge Chachero).

Al menos una de las Reservas Marinas existentes en España ha nacido a iniciativa de los propios pescadores, la Reserva de Os Miñarzos, en Galicia. El motivo de su creación era una creciente preocupación por el furtivismo y el agotamiento de los recursos. Pero lo más común es que el sector pesquero rechace su creación al percibir las solamente por la regulación o exclusión que se podría producir, sin un análisis más tranquilo y detallado de las ventajas que se podrían lograr. Otros actores presentes en las zonas costeras, y no sólo los profesionales, las perciben también de forma negativa, como aficionados a la pesca recreativa.

Por todos estos motivos, la implantación de estas herramientas suele realizarse tras largos procesos de reflexión y negociación, que atiendan a los intereses de todos los sectores. Además, es esencial la realización de un seguimiento científico que garantice la eficacia para conseguir los objetivos que se fijaron para su creación y también para su rentabilidad. Pero su implantación requerirá de un diálogo permanente con el sector pesquero, poner sobre la mesa resultados precedentes y, posiblemente, ir tomando decisiones de forma paulatina para que los resultados que se obtengan del seguimiento puedan convencerlos de las ventajas que representan. Como en el caso

del sello MSC, si éste paso se diera, facilitaría la ruta hacia la sostenibilidad, dignificaría el oficio de la pesca y sería motivo de orgullo para los pescadores asturianos. Confío plenamente en que la ciencia estará con ellos si al final se da éste importante paso. Pero no es éste el único desafío al que se enfrentan.

XIII. SE COMPLICA EL TABLERO: LA LLEGADA DE LOS MOLINOS DE VIENTO

El mapa de caladeros (Figura 1) es un precioso regalo para el sector pesquero. Es la constancia, hecha mapa, de sus áreas de trabajo. Antes de este mapa, la información sobre esos caladeros estaba dispersa, en el mejor de los casos. Los nombres y las localizaciones se transmitían por tradición oral, por los registros en cartas de navegación y, más recientemente, en dispositivos de almacenamiento informáticos. El mapa permite visualizar perfectamente el solapamiento de los caladeros con las áreas de la Red Natura 2000, y será esencial en la negociación de los planes de gestión de estas áreas. Pero no será suficiente. Es necesario cuantificar la intensidad de uso de esos caladeros. Esto sólo lo proporciona la información sobre la localización de las lanchas. Los pesqueros de más de 15 metros de eslora ya están obligados a incorporar sistemas de seguimiento que localizan su posición cuando están en el mar. Pero muchos armadores de lanchas de menos de 15 metros son muy reticentes a la incorporación de dichos sistemas.

Los datos de seguimiento, asociados a registros de capturas, permiten determinar la distribución de los bancos de peces, la extensión e intensidad de uso de las zonas de pesca y otros detalles críticos para la biología pesquera. No es por casualidad que varias de las lanchas que faenan al pulpo dentro del sello de sostenibilidad MSC hayan decidido la instalación de éstos dispositivos de forma voluntaria. Estos pescadores comprenden el importante valor de la ciencia y el conocimiento objetivo como aliados en su actividad. Actualmente, otros pescadores asturianos valoran la incorporación de esos dispositivos en sus lanchas, apuntando a un prometedor cambio de tendencia que nos pondría a la cabeza de la pesca sostenible.

Los datos obtenidos con estos medios se convertirán en aliados de los pescadores frente a un nuevo desafío emergente: los parques eólicos marinos. Debido a la necesidad de impulsar fuentes renovables de energía para mitigar el cambio climático, varias empresas están analizando la oportunidad de implantar parques eólicos en mar abierto en la costa asturiana. Aunque por ahora son planes en estudio, la preocupación en el sector pesquero se va acentuando, ya que lo perciben como un nuevo competidor por el espacio marino. La apuesta es importante. No sólo se trata de generar electricidad, sino también de hacerse un hueco en el competitivo mundo de la investigación y desarrollo en energías renovables. Se trata de abrir nuevos mercados para Asturias.

Pero el enfrentamiento está servido. No sólo con el sector pesquero, sino también con los grupos conservacionistas preocupados por la interferencia de los molinos con las rutas migratorias de las aves. Será una discusión larga y difícil, en la que los mapas de actividad deberían jugar un papel fundamental.

Las opiniones serán tanto más fundadas cuanto más se basen en argumentos cartográficos cuantitativos. Y el sector pesquero necesitará aportar datos espaciales de su actividad. No solo de los caladeros, sino de la intensidad con que los usan. Y esa información sólo la proporcionan los dispositivos de seguimiento. En mi opinión, este es otro de los grandes desafíos

en un próximo futuro ¿Cómo se llevarán a cabo las negociaciones y con qué argumentos se trabajará? Una apuesta decidida en la generación de información detallada de la actividad pesquera y de su valor sería una información muy valiosa en manos de los pescadores, pero también lo sería para la sociedad en general.



Figura 14. Visiones de un pasado que probablemente no volverá. La foto superior corresponde a un gran bosque de *Saccorhiza polyschides* en la playa de Coedo, Navia, en verano de 1987. Estas algas asomaban sus frondes en las mareas bajas, y constituían un elemento característico de la costa rocosa. Su estructura albergaba una gran riqueza de especies asociadas, incluyendo algunas de interés comercial. La foto de abajo a la izquierda fue tomada en la playa de Porcia en el año 2000. Se aprecia una densa mata de algas de gran porte, como *Himanthalia elongata*, que hacían muy complicado caminar por esos parajes sin resbalar. Debajo de esas matas habitaba una rica comunidad de invertebrados. La foto de abajo a la derecha corresponde a ese mismo sitio, pero en 2007. Todas las macroalgas de gran porte han desaparecido, dejando un césped de algas verdes y *Bifurcaria bifurcata* (fotos: Julio Arrontes y Rosa Viejo).

XIV. EL TELÓN DE FONDO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

El Cambio Climático añade una componente de incertidumbre a la toma de decisiones con vistas al medio y largo

plazo al estar interactuando con un contexto complejo tanto social como ecológico y económico. En un simul superfcial, sería como si se moviera el tablero mientras estamos jugando una partida de

ajedrez. Las fichas se mueven en direcciones impredecibles, se caen o se salen del tablero, alguien pone fichas nuevas desde fuera, etc. Y, ese cambio ya está aquí. Su cara más visible es la práctica desaparición de nuestras costas de las grandes macroalgas intermareales y submareales, que ocurrió entre 2004 y 2006 (Figura 14). El cambio, que lleva produciéndose décadas y ahora lo hace de forma acelerada, ha sido seguido con preocupación por personal de la Universidad de Oviedo (p.e. Fernández, 2011, Anadón y Roqueñí, 2009).

Se sabe que éstas algas son vulnerables a “olas de calor”, periodos prolongados muy cálidos durante el verano. Además, a diferencia de las costas Portuguesa y Francesas, que se orientan en dirección Norte-Sur, nuestra costa se extiende de Este a Oeste, lo que podría explicar que los impactos asociados al Cambio Climático se produzcan de una manera más rápida y aparente (Figura 15).

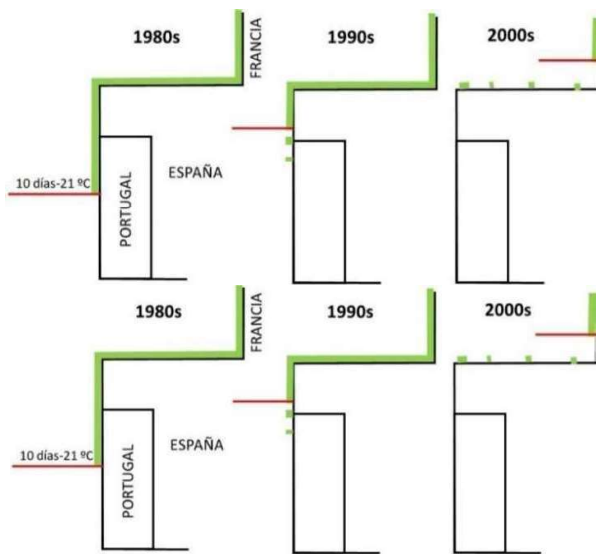


Figura 15. La súbita desaparición de macroalgas de la costa Cantábrica entre 2004 y 2006 se puede explicar por su orientación zonal.

Supongamos que la distribución de un alga de agua fría en los 80s (diagrama de la izquierda) llegaba hasta la costa de Portugal (línea verde). El extremo sur de su distribución viene marcado por la isopleta en la que comienza a haber más de 10 días seguidos al año con temperaturas por encima de los 21 °C. En los 90s (diagrama central), como consecuencia del calentamiento global, la isopleta se ha movido desde Portugal al sur de Galicia. El límite sur de la especie se desplaza con la isopleta, quizás dejando algunas poblaciones relictas o marginales en Portugal.

Finalmente, en los 2000 (diagrama de la derecha), la isopleta asciende a la misma latitud que en el periodo anterior, llegando a la costa de Francia.

Como consecuencia de la zonalidad de la costa cantábrica, la especie desaparece por completo de esa costa, dejando sólo vestigios marginales.

Esa es la situación actual para muchas de las grandes macroalgas formadoras de habitat.

En su manifestación más básica, el Cambio Climático está desplazando las distribuciones de especies hacia el norte, haciendo que aparezcan, o aumente la abundancia, de especies meridionales o de aguas templado-cálidas, y que desaparezcan o disminuya la abundancia de especies boreales o de aguas

templado-frías y frías, que se desplazan o resisten en áreas localizadas más al norte. La gestión y adaptación al cambio climático requieren anticiparse a esos cambios y prepararse para ellos, lo que constituye un reto científico de primer orden. Para ello, se construyen modelos predictivos que describen las preferencias de habitat de las especies. Esas preferencias se proyectan al futuro, de acuerdo con diferentes escenarios de cambio climático. Los modelos más realistas requieren de una metodología sofisticada, que recurre al uso de modelos hidrodinámicos para simular el movimiento de las corrientes, datos de satélite para obtener información sinóptica de variables ambientales, o robots que obtienen información *in situ* de forma continua y datos detallados de la distribución actual de las especies. Entre éstos modelos se abren camino cada vez con más fuerza los enfoques bayesianos, especialmente adecuados para reflejar la incertidumbre de las predicciones y guiar la gestión de manera adaptativa.

Según los modelos, el habitat del pulpo se deteriorará con el tiempo en el Golfo de Vizcaya, mientras que mejorará en el Mar del Norte (Schickele et al. 2021). Por el contrario, parecen anticipar un aumento del area de distribución y de la productividad de la anchoa (Erauskin et al. 2019). Hay que tener en cuenta que el mar es un medio tridimensional, en el que la temperatura disminuye con la profundidad. Por ese motivo, las especies pueden responder al cambio climático desplazando su distribución hacia el norte o hacia mayor profundidad, o hacia diferentes combinaciones de las dos respuestas, lo que complica las predicciones. Además, si los cambios térmicos no fueran muy rápidos, las especies de ciclo corto podrían evolucionar hacia una mayor resistencia a temperaturas altas

Todo parece indicar que las contracciones de habitat más importantes se van a dar para los peces demersales que viven a menos de 50 m de profundidad, y que tienden a desplazarse en profundidad, más que en latitud (LeMarchand et al. 2020). Los peces y cefalópodos pelágicos se verán menos afectados, aunque su distribución tenderá a desplazarse hacia el norte. Se producirá una entrada significativa de especies del sur, que reconfigurarán la estructura de los ecosistemas (LeMarchand et al. 2020). Algunas de éstas especies tienen valor comercial y se podrán explotar. Todos éstos cambios se producirán, lógicamente, sin que influyan barreras entre autonomías o países, lo que puede generar escenarios socialmente conflictivos. La gestión adaptativa y sostenible de esos cambios requiere del apoyo de la ciencia, tanto para utilizar el conocimiento disponible como para obtener nuevos datos y estudios en el marco de la cooperación internacional, así como producir nuevas predicciones sobre cambios o mejorar las herramientas de gestión. En todo caso, el carácter multispecífico de la flota artesanal asturiana tendría ventajas para adaptarse a las nuevas situaciones que, sin duda, se darán. La adaptación a la nueva situación es una necesidad básica para un mundo cambiante.

XV. EL FUTURO

La mayor parte de las Comunidades Autónomas están inmersas en planes ambiciosos de ampliación de los sistemas de cogestión, de implantación de reservas marinas, de seguimiento y de promoción del sector pesquero artesanal. En Asturias podemos presentar nuestros logros: el sello MSC del pulpo, el Plan de Explotación del Percebe y la red de pescadores y científicos

REDEPESCA, como más destacables de entre otras iniciativas. Existen ya algunas cofradías con interés en adoptar sistemas de cogestión para el percebe y otras especies, y numerosos armadores han solicitado la instalación de sistemas de posicionamiento en sus lanchas. Los pescadores son cada vez más conscientes de que estos sistemas les servirá para demostrar cuánto y dónde pescan y su vinculación y dependencia del mar. Además, la ciencia pesquera basada en el sector artesanal asturiano se conoce cada vez mejor fuera de nuestra región y tiene difusión internacional e influencia en las normas regulatorias (Figura 16).



Figura 16. El percebe asturiano ha sido protagonista en PERCEBES, un proyecto internacional liderado por la Universidad de Oviedo. Sus resultados han servido de base para la elaboración de un Policy Brief con recomendaciones para la gestión de pequeñas pesquerías en la Unión Europea. La foto fue tomada en los pequeños arrecifes al oeste de la Isla Erbosa, en Cabo Peñas, y muestran a un grupo de percebeiros de Luanco cavando percebe <https://www.biodiversa.org/1990>.

Pero no debemos detenernos en lo conseguido. Mediante diversas Directivas, la Unión Europea está inmersa en un ambicioso plan de ordenación espacial del espacio marítimo. Quizás en un futuro no tan lejano se añadan nuevos actores a este complicado tablero que es la costa asturiana y europea: cables submarinos, empresas de turismo de pesca y naturaleza submarina, reservas marinas, y otras varias. En la necesaria conciliación, el sector pesquero merece un lugar privilegiado.

Son descendientes de los cazadores y recolectores de la antigüedad y piedra de toque de toda una cultura fascinante y entrañable, con un profundo conocimiento local. Pero el mundo cambia. Sus técnicas han mejorado gracias a la tecnología, y al mismo tiempo su medio se modifica a gran velocidad. El sector pesquero tendrá que adaptarse y responder a los cambios, apoyándose en la mejor ciencia disponible y en su conocimiento, y en el dialogo entre ambos. Eso requerirá audacia y excursiones frecuentes fuera de nuestra zona de confort. Las nuevas herramientas de gestión llegarán tarde o temprano, deberán ser adaptativas y necesitaremos todos disponer de experiencias previas que nos guíen por el buen camino antes que implantarlas desde cero.

REDEPESCA puede ayudarnos a navegar éste futuro revuelto y complejo, y hacerlo de una forma ecológicamente sostenible y atractiva para las nuevas generaciones. En el fondo, no es sino la manifestación, en Asturias, de una tendencia que gana presencia en todo el mundo: la fructífera colaboración entre pescadores y científicos. Solo con ella se logrará que nuestros nietos puedan salir al mar a recoger y contemplar los tesoros vivos que se ocultan bajo su superficie.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincera gratitud hacia Julio Arrontes Junquera, Lucía García Flórez, María del Pino Fernández Rueda, Beti Nieto, Rosa Viejo García, José Manuel Rico Ordás, Jorge Chachero, Ricardo Anadón Álvarez, María Cristina Rodríguez González, María del Rosario Rodicio Rodicio, WWF-España, la Dirección General de Pesca del Principado de Asturias, REDEPESCA y los pescadores asturianos por su colaboración desinteresada.

REFERENCIAS

- Anadón, R. y Roqueñí, N. (2009). Evidencias y efectos potenciales del cambio climático en Asturias. *Consejería de Medio Ambiente, Gobierno del Principado de Asturias*.
- Erauskin-Extramiana, M., Álvarez, P., Arrizabalaga, H., Ibaibarriaga, L., Uriarte, A., Cotano, U., Santos, M., Ferrer, L., Cabre, A., Irigoien, X. y Chust, G. (2019). Historical trends and future distribution of anchovy spawning in the Bay of Biscay. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 159: 169-182.
- Fernández, C. (2011). The retreat of large brown seaweeds on the north coast of Spain: the case of *Saccorhiza polyschides*. *Eur. J. Phycol.* 46 (4): 352-360.
- Fernández-Rueda, P. y García-Flórez, L. (2007). *Octopus vulgaris* (Mollusca: Cephalopoda) fishery management assessment in Asturias (north-west Spain). *Fish. Res.* 83 (2-3): 351-354.
- Galán Fernández, E.M. (2018). *Sostenibilidad de la Explotación del Gelidium corneum en la costa de Llanes (Asturias, España)*. Trabajo de Fin de Grado, Facultad de Biología, Universidad de Oviedo.
- García de la Fuente, L. (2020). *The artisanal fishing fleet in Asturias: characterization and quantitative analysis of its economic and social importance*. Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo.
- Le Marchand, M., Hattab, T., Niquil, N., Albouy, C. y Lasram, F.B.R. (2020). Climate change in the Bay of Biscay: Changes in spatial biodiversity patterns could be driven by the arrivals of southern species. *Marine Ecol. Prog. Ser.* 647: 17-31.
- Llera, E.M. y Raboso, J.Á. (2007). *Algas Marinas de Asturias*. Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras, Principado de Asturias.
- Louzao, M., Anadón, N., Arrontes, J., Álvarez-Claudio, C., Fuente, D.M., Ocharan, F., Anadón, A. y Acuña, J.L. (2010). Historical macrobenthic community assemblages in the Avilés Canyon, N Iberian Shelf: baseline biodiversity information for a marine protected area. *J. Marine Syst.* 80 (1-2): 47-56.
- May, R.M. (1974). Biological populations with nonoverlapping generations: stable points, stable cycles, and chaos. *Science* 186 (4164): 645-647.

- Rivera, A., Gelcich, S., García-Florez, L., Alcázar, J.L. y Acuña, J.L. (2014). Co-management in Europe: Insights from the gooseneck barnacle fishery in Asturias, Spain. *Marine Policy*, 50: 300-308.
- Roa-Ureta, R.H. Fernández-Rueda, M.D.P., Acuña, J.L., Rivera, A., González-Gil, R. y García-Flórez, L. (2021). Estimation of the spawning stock and recruitment relationship of *Octopus vulgaris* in Asturias (Bay of Biscay) with generalized depletion models: implications for the applicability of MSY. *ICES J. Marine Sci.* 78 (6): 2256-2270.
- Romero-Romero, S., Molina-Ramírez, A., Höfer, J. y Acuña, J.L. (2016). Body size-based trophic structure of a deep marine ecosystem. *Ecology* 97 (1): 171-181.
- Sánchez, F., Cartes, J.E., Papiol, V. y Blanco, M.Á. (2014). Caracterización ecológica del área marina del sistema de cañones submarinos de Avilés: Informe final área LIFE+ INDEMARES (LIFE07/NAT/E/00073).
- Sánchez, J.L.F., Polanco, J.M.F. y García, I.L. (2020). Evidence of price premium for MSC-certified products at fishers' level: the case of the artisanal fleet of common octopus from Asturias (Spain). *Marine Policy* 119: 104098.
- Sarmiento-Vizcaino, A., González, V., Braña, A.F., Palacios, J.J., Otero, L., Fernández, J., Molina, A., Kulik, A., Vázquez, F., Acuña, J.L. y García, L.A. (2017). Pharmacological potential of phylogenetically diverse Actinobacteria isolated from deep-sea coral ecosystems of the submarine Avilés Canyon in the Cantabrian Sea. *Microb. Ecol.* 73 (2), pp.338-352.
- Schickele, A., Francour, P. y Raybaud, V. (2021). European cephalopods distribution under climate-change scenarios. *Sci. Rep.* 11 (1): 1-12.
- generalized depletion models: implications for the applicability of MSY. *ICES J. Marine Sci.* 78 (6): 2256-2270.
- Taboada, F.G. y Anadón, R. (2012). Patterns of change in sea surface temperature in the North Atlantic during the last three decades: beyond mean trends. *Climatic Change* 115 (2): 419-431.