

ECOSER 2.0 – EFECTIVIDAD DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS EN LA CONTRIBUCIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS MARINOS AL BIENESTAR HUMANO

INFORME TÉCNICO 2022

*Este informe técnico ha sido realizado en el marco del proyecto **Efectividad de las áreas naturales protegidas en la contribución de los servicios ecosistémicos marinos al bienestar humano (ECOSER 2.0)** liderado por la Universidad de Santiago de Compostela con la colaboración de la Fundación Biodiversidad, del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través del Programa Pleamar, cofinanciado por el Fondo Europeo Marítimo y de Pesca.*

Las opiniones y documentación aportadas en esta publicación son de exclusiva responsabilidad del autor o autores de los mismos, y no reflejan necesariamente los puntos de vista de las entidades que apoyan económicamente el proyecto.

Autores

Sebastián Villasante (Universidade de Santiago de Compostela – USC), Pablo Pita (USC), Antonio García–Allut (Universidade de A Coruña), Gonzalo Méndez–Martínez (Universidade de Vigo – UVigo), Emilio Fernández (UVigo), Antonio J. Castro (Universidad de Almería), Gabriela de Abreu–Pérez (USC), Jone Molina (USC), Mariana Herrera (USC), Javier Seijo–Villamizar (USC), Ana Tubío (USC), Ana Ruiz–Frau (IMEDEA, UIB–CSIC), Silvia de Juan (IMEDEA, UIB–CSIC), Andrés Ospina–Álvarez (IMEDEA, UIB–CSIC).

Con la colaboración de Manel Antelo, Jacobo Feas, Roberto Bande, Fernando del Río, Francisco Llores, Gumersindo Feijoo y Maite Moreira (USC).

Cómo citar este informe

Villasante, S., Pita, P., García–Allut, A., Méndez–Martínez, G., Fernández, E., Castro, A.J., de Abreu–Pérez, G., Molina, J., Herrera, M., Seijo–Villamizar, J., Tubío, A., Ruiz–Frau, A., de Juan, S., Ospina–Álvarez, A. (2022). Informe Técnico: ECOSER 2.0 – Efectividad de las áreas naturales protegidas en la contribución de los servicios ecosistémicos marinos al bienestar humano. Santiago de Compostela, España, 56 pp.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN | 7 |
| MÉTODOS | 9 |
| Áreas de estudio | 9 |
| Definición de las categorías y elementos dentro de las categorías | 13 |
| Construcción de las matrices de interacciones y creación de grafos | 14 |
| Validación de las matrices de interacciones y grafos | 16 |
| Análisis de las redes y cálculo de las medidas de centralidad | 17 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 19 |
| Resultados para el caso de estudio PN Cabo de Gata – Níjar | 19 |
| Resultados para el caso de estudio PNMT Islas Atlánticas de Galicia | 27 |
| Discusión para el caso de estudio PNMT Islas Atlánticas de Galicia | 35 |
| Resultados para el caso de estudio RMIP Os Miñarzos (Lira) | 37 |
| Discusión para el caso de estudio RMIP Os Miñarzos (Lira) | 43 |
| ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO | 44 |
| AGRADECIMIENTOS | 46 |
| REFERENCIAS | 47 |
| ANEXO | 51 |

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Definición y fundamento racional de las medidas de centralidad calculadas incluyendo referencias bibliográficas donde se pueden consultar detalles matemáticos y técnicos relacionados a su formulación y uso.

Tabla 2. Clasificación con los 5 nodos más importantes, basado en el número de relaciones totales, de la red del PN Cabo de Gata – Níjar.

Tabla 3. Clasificación con los 5 nodos menos importantes, basado en el número de relaciones totales, de la red del PN Cabo de Gata – Níjar.

Tabla 4. Clasificación de los 5 nodos que presentan más interacciones netas positivas, basado en el número de relaciones totales con signo, de la red del PN Cabo de Gata – Níjar.

Tabla 5. Clasificación de los 9 nodos que presentan más interacciones netas negativas o menores interacciones dentro de la red del PN Cabo de Gata – Níjar, basado en el número de relaciones totales con signo. Resaltados en negrita aparecen los 5 nodos con mayor influencia no relacionados con las presiones de cambio climático.

Tabla 6. Clasificación de los 5 nodos con mayor influencia dentro de la red, basado en el vector propio con signo, del PN Cabo de Gata – Níjar.

Tabla 7. Clasificación de los 5 nodos con menor influencia dentro de la red, basado en el vector propio con signo, del PN Cabo de Gata – Níjar.

Tabla 8. Clasificación de los 5 nodos con mayor influencia positiva dentro de la red, basado en el índice positivo–negativo, del PN Cabo de Gata – Níjar.

Tabla 9. Clasificación de los 9 nodos con mayor influencia negativa dentro de la red, basado en el índice positivo–negativo, del PN Cabo de Gata – Níjar. Resaltados en negrita aparecen los 5 nodos con mayor influencia negativa no relacionados con las presiones de cambio climático.

Tabla 10. Clasificación de los 5 nodos más importantes, basado en el número de relaciones totales, de la red del PNMT Islas Atlánticas de Galicia.

Tabla 11. Clasificación con los 5 nodos menos importantes, basado en el número de relaciones totales, de la red del PNMT Islas Atlánticas de Galicia.

Tabla 12. Clasificación de los 5 nodos que presentan más interacciones netas positivas de la red del PNMT Islas Atlánticas de Galicia.

Tabla 13. Clasificación de los 9 nodos que presentan más interacciones netas negativas de la red del PNMT Islas Atlánticas de Galicia. Resaltados en negrita aparecen los 5 nodos con mayor influencia negativa no relacionados con las presiones de cambio climático.

Tabla 14. Clasificación de los 5 nodos con menor influencia negativa dentro de la red, basado en el vector propio con signo, del PNMT Islas Atlánticas de Galicia.

Tabla 15. Clasificación de los 5 nodos con mayor influencia positiva dentro de la red, basado en el índice positivo–negativo, del PNMT Islas Atlánticas de Galicia.

Tabla 16. Clasificación de los 5 nodos con mayor influencia negativa dentro de la red, basado en el vector propio con signo, del PNMT Islas Atlánticas de Galicia.

Tabla 17. Clasificación de los 9 nodos con menor influencia positiva dentro de la red, basado en el índice positivo–negativo, del PNMT Islas Atlánticas de Galicia. Resaltados en negrita aparecen los 5 nodos con mayor influencia negativa no relacionados con las presiones de cambio climático.

Tabla 18. Clasificación de los 6 nodos más importantes, basado en el número de relaciones totales, de la red de la RMIP Os Miñarzos (Lira).

Tabla 19. Clasificación de los 5 nodos menos importantes, basado en el número de relaciones totales, de la red de la RMIP Os Miñarzos (Lira).

Tabla 20. Clasificación de los 6 nodos más importantes en función de la relación entre valoraciones positiva y negativas incluidos en la red de la RMIP Os Miñarzos (Lira).

Tabla 21. Clasificación de los 6 nodos menos importantes en función de la relación entre valoraciones positiva y negativas incluidos en la red de la RMIP Os Miñarzos (Lira).

Tabla 22. Clasificación de los 5 nodos más importantes en función del vector propio con signo en la red de la RMIP Os Miñarzos (Lira).

Tabla 23. Clasificación de los 5 nodos menos importantes en función del vector propio con signo en la red de la RMIP Os Miñarzos (Lira).

Tabla 24. Clasificación de los 5 nodos con menor influencia negativa de la red de la RMIP Os Miñarzos (Lira), en función del índice positivo–negativo en la red.

Tabla 25. Clasificación de los 5 nodos con menor influencia positiva de la red de la RMIP Os Miñarzos (Lira), en función del índice positivo–negativo en la red.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Arrecife de las sirenas, lugar emblemático con especial protección (superior izquierda), praderas de *Posidonia oceanica* (superior derecha), y pescadores artesanales (inferior), en el Parque Natural Cabo de Gata – Níjar.

Figura 2. En la parte superior se observan las islas que componen el Archipiélago de las Islas Cíes (PNMT Islas Atlánticas de Galicia). En la zona superior izquierda se observa la Isla de San Martiño y, en la superior derecha, las islas de Faro y Monteagudo. En la parte inferior se ejemplifican algunas de las actividades que se desarrollan en el área como investigación marina, actividades subacuáticas, transporte marítimo de visitantes, navegación recreativa o el marisqueo y pesca artesanal.

Figura 3. Ejemplos de actividades clave llevadas a cabo en la Reserva Marina de Interés Pesquero de Os Miñarzos: (A) pesca comercial y (B) pesca recreativa en el mar. También se muestra una vista general del área (C).

Figura 4. El modelo de cascada de servicios ecosistémicos relaciona las estructuras biofísicas con los beneficios socioeconómicos o culturales del bienestar humano en forma de cadena de producción.

Figura 5. Diagrama de las relaciones contempladas en el estudio.

Figura 6. Red de relaciones entre los diferentes componentes del PN Cabo de Gata – Níjar. Se muestran los componentes ecológicos en verde, las funciones del ecosistema en azul, los actores sociales en naranja, las acciones de gestión en púrpura y los impactos del cambio global en rojo. El tamaño de las cajas representa la importancia de cada nodo en términos del grado, es decir del número de conexiones. Ver Tabla A1 (Anexo) para una traducción de los términos en inglés.

Figura 7. Mapa de calor mostrando los valores asignados a cada una de las interacciones entre nodos de la red del PN Cabo de Gata – Níjar. Los tonos cálidos representan interacciones negativas, y los azules interacciones positivas. Ver Tabla A1 (Anexo) para una traducción de los términos en inglés.

Figura 8. Grafo de relaciones socio–ecológicas del PN Cabo de Gata – Níjar. Los nodos aparecen como círculos y sus vínculos como líneas. Se muestran los resultados de diferentes medidas de centralidad para los nodos y las aristas de la red (ver apartados de metodología y resultados). Ver Tabla A1 (Anexo) para una traducción de los términos en inglés.

Figura 9. Red de relaciones entre los diferentes componentes del PNMT Islas Atlánticas de Galicia. Se muestran los componentes ecológicos en verde, las funciones del ecosistema en azul, los actores sociales en naranja, las acciones de gestión en púrpura y los impactos del cambio global en rojo. El tamaño de las cajas representa la importancia de cada nodo en términos del grado, es decir del número de conexiones. Ver Tabla A1 (Anexo) para una traducción de los términos en inglés.

Figura 10. Mapa de calor mostrando los valores asignados a cada una de las interacciones entre nodos de la red del PNMT Islas Atlánticas de Galicia. Los tonos cálidos representan interacciones negativas, y los azules interacciones positivas. Ver Tabla A1 (Anexo) para una traducción de los términos en inglés.

Figura 11. Grafo de relaciones socio–ecológicas del PNMT Islas Atlánticas de Galicia. Los nodos aparecen como círculos y sus vínculos como líneas. Se muestran los resultados de diferentes medidas de centralidad para los nodos y las aristas de la red (ver apartados de metodología y resultados). Ver Tabla A1 (Anexo) para una traducción de los términos en inglés.

Figura 12. Red de relaciones entre los diferentes componentes de la RMIP Os Miñarzos (Lira). Se muestran los componentes ecológicos en verde, las funciones del ecosistema en azul, los actores sociales en naranja, las acciones de gestión en púrpura y los impactos del cambio global en rojo. El tamaño de las cajas representa la importancia de cada nodo en términos del número de conexiones. Ver Tabla A1 (Anexo) para una traducción de los términos en inglés.

Figura 13. Mapa de calor mostrando los valores asignados a cada una de las interacciones entre nodos de la red de la RMIP Os Miñarzos (Lira). Los tonos cálidos representan interacciones negativas, y los azules interacciones positivas. Ver Tabla A1 (Anexo) para una traducción de los términos en inglés.

Figura 14. Grafo de relaciones socio–ecológicas en la RMIP Os Miñarzos (Lira). Los 29 nodos aparecen como círculos y sus vínculos como líneas. Se muestran los resultados de diferentes medidas de centralidad para los nodos y las aristas de la red (ver apartados de metodología y resultados). Ver Tabla A1 (Anexo) para una traducción de los términos en inglés.

Figura 15. Comparativa de las matrices de relaciones socio–ecológicas de las 3 áreas de estudio donde (A) corresponde a la RMIP Os Miñarzos (Lira), (B) corresponde al PN Cabo de Gata – Níjar (Almería) y (C) corresponde al archipiélago de las Islas Cíes (PNMT Islas Atlánticas de Galicia).

INTRODUCCIÓN

ECOSER 2.0 da continuidade al proxecto ECOSER – *Contribución de los servicios ecosistémicos marinos de áreas naturales protegidas al bienestar humano*, en el cual se evaluó la contribución de tres áreas marinas protegidas (AMP) para suministrar beneficios a la sociedad: el Parque Natural (PN) de Cabo de Gata – Níjar; el Parque Nacional Marítimo – Terrestre (PNMT) de las Islas Atlánticas de Galicia; y la Reserva Marina de Interés Pesquero (RMIP) de Os Miñarzos (Lira).

Los servicios ecosistémicos se derivan de las funciones ecológicas que benefician de forma directa o indirecta a la sociedad, por ejemplo, proveyendo comida o contribuyendo a la mitigación del cambio climático (Costanza et al., 1997). El concepto de *servicios ecosistémicos* es una herramienta útil no solo para que los tomadores de decisiones tomen conciencia del valor de la naturaleza para el bienestar humano, sino también para comprender las numerosas interacciones entre el hombre y la naturaleza en el contexto de los desafíos globales, como el cambio climático y la degradación de la biodiversidad (IPBES, 2019).

A pesar del creciente interés en la investigación sobre los servicios de los ecosistemas (Zhang et al., 2019), el conocimiento científico sobre sus fundamentos ecológicos y su integración con los componentes socioeconómicos y de gestión sigue siendo aún limitado (Bennett, 2017). Para avanzar en esta integración, necesitamos métodos que integren el conocimiento sobre el funcionamiento de los ecosistemas y la interacción del hombre con la naturaleza. Estos métodos deben ser inherentemente multidisciplinares y abarcar el conocimiento de los usuarios que dependen del sistema socio–ecológico en estudio (Alexander et al., 2017). Una aproximación que permite integrar múltiples perspectivas consiste en la organización de mesas de trabajo donde se consensúan diferentes percepciones y visiones sobre una misma problemática. Como resultado, podemos generar bases de datos semi–cuantitativas que se pueden analizar con modelos estadísticos para identificar la dimensión y dirección de las relaciones en los sistemas socio–ecológicos. Estas bases de datos pueden representar una matriz de interacciones, y esa matriz de interacciones se puede representar como una red de entidades conectadas.

Un enfoque de red se centra en las relaciones entre entidades para explicar las propiedades emergentes de sistemas socio–ecológicos complejos (Borgatti et al., 2009) y entender cómo los patrones de relaciones, es decir la estructura de la red, afectan a los procesos y resultados (Lubell et al., 2014). Este enfoque proporciona una visión cuantitativa, aunque simplificada, de los múltiples factores que intervienen en la conexión ([aristas](#)) de las entidades ([nodos](#)) contenidas en una red. En una red socio–ecológica, un enfoque de red permite comprender las propiedades de las relaciones entre los componentes ecológicos, las funciones del ecosistema, los actores sociales, las acciones de gestión y los impactos del cambio global (e.g., incremento de la temperatura del mar, aumento del nivel del mar, etc.) (Alexander et al., 2017; Alonso Roldán et al., 2015). El análisis de la red, por ejemplo, mediante el uso de herramientas propias de la teoría de grafos, permite pues identificar nodos críticos, es decir aquellos con alta centralidad, y que están conectados a muchos otros nodos, o grupos de nodos bien conectados (Scott, 1988). En pocas palabras, el análisis trasciende la descripción

del mero intercambio entre los elementos de la red, pues al considerar la red como un conjunto, se puede entender como un nodo puede desempeñar un papel crucial independientemente de la dimensión de las conexiones individuales. Por ejemplo, los patrones de asociación entre los usuarios de un área natural protegida y las entidades no gubernamentales (ONGs) pueden aumentar la confianza y la cooperación entre dichos usuarios a través de la mediación de las ONGs para mejorar la gobernanza (Langle–Flores et al., 2021). En este ejemplo, las ONGs ejercen un papel como intermediarios entre dos nodos o grupos de nodos, lo cual puede ser detectado mediante un análisis de la centralidad de los nodos de dicha red. La centralidad se refería originalmente a la importancia de los nodos o actores en la estructura de una red. Hoy en día, se ha abstraído como término de sus orígenes topológicos y se refiere de forma muy general a la importancia de los actores en una red (Gómez, 2019). Existen muchas medidas de centralidad, cada una con sus fortalezas y debilidades. Sin embargo, el punto principal es que la utilidad analítica de cada una de esas medidas depende en gran medida del contexto de la red, del tipo de relación que se analice y de la estructura subyacente de la red.

No obstante, los sistemas socio–ecológicos se pueden interpretar como una red de capas superpuestas más que como una red individual. A estas redes de capas superpuestas se les suele llamar redes multicapa (Pilosof et al., 2017) o redes multinivel (Alexander et al., 2017). Por definición, las redes multicapa tienen dos o más *capas*, que pueden representar diferentes tipos de interacciones, diferentes comunidades de especies, diferentes actores sociales interactuando entre sí y con las especies presentes en el sistema, etc. Por ejemplo, en un sistema socio–ecológico marino es posible identificar cómo los componentes ecológicos (plantas, animales, etc.) se conectan con los componentes sociales (pescadores, turistas, gestores, etc.) mediante las funciones del ecosistema (producción de alimento, protección costera, etc.). El estudio de estos sistemas mediante una aproximación multicapa tiene pues el potencial de ayudar a dar cuenta de las interdependencias entre las complejas dinámicas humanas y ecológicas que sustentan muchos problemas ambientales importantes (Pilosof et al., 2017).

El proyecto ECOSER 2.0 se centra en los ecosistemas marinos porque sustentan una gran proporción de la biodiversidad mundial y desempeñan un papel importante para la sociedad al regular el clima, proporcionar recursos alimentarios y contribuir al bienestar mediante oportunidades culturales y recreativas (Marcos et al., 2021). Los componentes biofísicos de un área costera determinan las principales funciones del ecosistema (por ejemplo, el secuestro de carbono realizado por las praderas de fanerógamas marinas) que se traducen en beneficios para la sociedad a través del concepto de servicios de los ecosistemas (por ejemplo, la mitigación del cambio climático).

El objetivo principal de esta investigación es evaluar, en conjunto y para tres áreas marinas protegidas, la conexión entre: (1) los componentes ecológicos; (2) las funciones del ecosistema; (3) los actores sociales; (4) las acciones de gestión y (5) los impactos del cambio global, mediante un análisis multicapa. El análisis permitirá estudiar la estructura de las redes multicapa representando cada uno de los tres casos de estudio (Cabo de Gata, Lira y Cíes) y la estructura conjunta de una red que las agrupe; la identificación de los actores centrales (más importantes) en cada una de esas redes y el efecto de las conexiones entre elementos en el flujo de información. Esta información puede ser útil en el caso de identificar las

fortalezas y debilidades en el funcionamiento de un área marina protegida donde se interrelacionan componentes biofísicos que proporcionan un conjunto de servicios ecosistémicos que determinan el bienestar y sustento de un conjunto muy diverso de actores sociales.

MÉTODOS

Áreas de estudio

Las Áreas Marinas Protegidas (AMP) objeto de este estudio fueron el Parque Natural (PN) de Cabo de Gata – Níjar en Almería (Andalucía), el Parque Nacional Marítimo – Terrestres (PNMT) de las Islas Atlánticas en Pontevedra (Galicia), y la Reserva Marina de Interés Pesquero (RMIP) de Os Miñarzos (Lira) en A Coruña (Galicia).

1. Parque Natural de Cabo de Gata – Níjar

El PN Cabo de Gata – Níjar se encuentra en la provincia de Almería (sureste de la península Ibérica), al pie de la Sierra de Cabo de Gata y se extiende a lo largo de unos 60 km de costa entre Carboneras al Norte y la punta de Cabo de Gata al Sur. En el PN Cabo de Gata – Níjar hay una población permanente de aproximadamente 7500 habitantes concentrados principalmente en los pueblos y comunidades pesqueras del PN. La población aumenta significativamente en los meses de verano debido al turismo. Este sector tiene un importante peso económico para la zona, pero también importantes impactos negativos (Hogg et al., 2021).

La superficie total protegida alcanza las 506,4 km², incluyendo la reserva marina del PN, con una extensión de 120 km². El PN fue creado en 1995 como respuesta al cumplimiento de los objetivos perseguidos por el Reglamento (CE) 1626/94 del Consejo, de 27 de junio de 1994, con la finalidad de proteger, regenerar y permitir el desarrollo de los recursos de interés pesquero. El PN con sus 120 km² de extensión (tramo costero protegido más grande de España) alberga zonas con una mayor protección, donde la extracción y la actividad recreativa está prohibida. En concreto, hay 6 zonas de reserva integral definidas, que suman un total de 46,5 km². El PN pertenece a la Red Natura 2000 bajo la Directiva Europea Hábitats (92/43/EEC), ha sido declarada SPAMI (Zonas Especialmente Protegidas de Importancia Mediterránea bajo el Convenio de Barcelona), está incluida en la red MedPan, y también ha sido declarada reserva de la biosfera por la UNESCO.

El PN Cabo de Gata – Níjar está dominado por arrecifes rocosos, que se extienden hasta una profundidad de 60 m, rodeados de fondos arenosos y detríticos intercalados con extensas praderas de *Posidonia oceanica* y *Cymodocea nodosa* (Figura 1), formando un estrecho cinturón a lo largo de la costa (Ballesteros et al., 2004). Representantes de todas las especies incluidas en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas se encuentran dentro del PN, por ejemplo, lapa gigante (*Patella ferruginea*), coral naranja (*Astroides calycularis*), plataformas de moluscos verméticos (*Dendropoma petraeum*), langosta zapatilla (*Scyllarides latus*), plumas conchas (*Pinna nobilis*) y meros (*Epinephelus* spp.) (Hogg et al., 2021). El PN

proporciona además refugio para diversas especies importantes a nivel comercial (Félix–Hackrad et al., 2018).



Figura 1. Arrecife de las sirenas, lugar emblemático con especial protección (superior izquierda), praderas de Posidonia oceanica (superior derecha), y pescadores artesanales (inferior), en el Parque Natural Cabo de Gata – Níjar.

2. Parque Nacional Marítimo – Terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia

Las Islas Cíes están situadas en el noroeste atlántico de la Península Ibérica a una distancia de 14,5 km de la ciudad de Vigo (Galicia), a cuyo ayuntamiento pertenecen. El archipiélago está compuesto por las islas de Monteagudo, Faro y San Martiño y los islotes de A Agoeira o Boeiro, Penela dos Viños, Carabelos y Ruzo (Figura 2). El conjunto, incluyendo las aguas próximas protegidas, alcanza una superficie total de 3091 ha, de las cuales 433 ha son terrestres y 2658 ha marinas. Fueron declaradas Parque Natural mediante un Real Decreto en el año 1980 y su régimen de protección se definió sobre la base de sus valores geológicos, botánicos, faunísticos e histórico–arqueológicos que ya entonces justificaban su actual régimen de protección por su valor ambiental en cuanto a hábitats y especies singulares (Fernández et al., 2020).

A esto, debe añadirse que el creciente número de visitantes, debido al atractivo de sus paisajes y playas, apenas alterados por las actividades humanas generó la necesidad de proteger los valores del espacio natural lo que condujo a la aprobación del Plan de ordenación de recursos naturales (PORN), mediante el Decreto 274/1999, de 21 de octubre, por el que se aprueba el Plan de ordenación de los recursos naturales de las Islas Atlánticas. Posteriormente, mediante la Ley 15/2002, de 1 de julio, por la que se declara el Parque Nacional Marítimo – Terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia (BOE núm. 157, de 2 de julio de 2002), se creaba el primer parque nacional de Galicia, integrando el espacio marino y terrestre de los archipiélagos de las Cíes, Ons, Sálvora y Cortegada. Finalmente, en 2018 se

aprobó el Plan Rector de Uso y Gestión (PRUG) mediante el Decreto 177/2018, de 27 de diciembre, por el que se aprueba el Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Nacional Marítimo – Terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia.



Figura 2. En la parte superior se observan las islas que componen el Archipiélago de las Islas Cíes (PNMT Islas Atlánticas de Galicia). En la zona superior izquierda se observa la Isla de San Martiño y, en la superior derecha, las islas de Faro y Monteagudo. En la parte inferior se ejemplifican algunas de las actividades que se desarrollan en el área como investigación marina, actividades subacuáticas, transporte marítimo de visitantes, navegación recreativa o el marisqueo y pesca artesanal.

Además, las Islas Cíes cuentan con instrumentos de planificación y gestión como el Plan director de Red Natura 2000 de Galicia (Decreto 37/2014, de 27 de marzo) que incluye herramientas de protección como la Zona de Especial Protección de Aves, desde 1988 (ES0000001 ZEPA), la Zona de Especial Conservación, desde 2014 (ES0000001 ZEC) y el Espacio Marino de las Rías Baixas de Galicia (ZEPA ES0000499), que hacen aplicable el régimen de protección derivado de la Directiva Aves y de la Directiva Hábitat, así como las disposiciones que en relación con estos espacios contempla la normativa autonómica, Ley 5/2019 del patrimonio natural y de la biodiversidad de Galicia, y estatal, Ley 42/2007, del patrimonio natural y de la biodiversidad y Ley 30/2014 de parques nacionales. Igualmente, se aplican los objetivos y directrices derivados de su declaración como espacio protegido por instrumentos internacionales dentro del Convenio sobre la protección del medio ambiente marino del Atlántico nordeste (OSPAR) y el Programa de Áreas Importantes para la Conservación de Aves (ICA) promovido por BirdLife International.

3. Reserva Marina de Interés Pesquero Os Miñarzos (Lira)

Tras las graves consecuencias socio–ecológicas del vertido de petróleo del Prestige, en 2002, los pescadores artesanales de Lira iniciaron, con el apoyo de centros de investigación, Fundación Lonxanet para la Pesca sostenible, ONGs, asociaciones cívicas; un proceso para crear una Reserva Marina de Interés Pesquero que concluyó con su formalización en abril de 2007 (Pérez de Oliveira, 2013). En el proceso de creación de la RMIP de Os Miñarzos, los pescadores han tenido una participación activa en el diseño y definición colectiva de los planes de gestión más adecuados para una pesca sostenible y bajo un sistema de cogestión dentro de la reserva, lo que condujo a una mayor aceptabilidad y cumplimiento de las normas

(García–Allut y Seijo–Villamizar, 2010; García–Allut, 2015). Esta situación, con algunos problemas derivados de la falta de financiación pública (Fernández–Vidal y Muiño, 2014), se ha mantenido en buena medida hasta la actualidad. Partiendo de un sector pesquero fragmentado y dividido, el principal éxito de la creación de la RMIP fue construir una visión común de un futuro sostenible para la RMIP y el desarrollo económico de las comunidades costeras asociadas (Villasante et al., 2021). De hecho, la RMIP Os Miñarzos (Figura 3) ha inspirado un procedimiento para su ampliación cuyo objetivo es pasar del área protegida actual de 2.074 a 50.000 ha (Pita et al., 2018b).

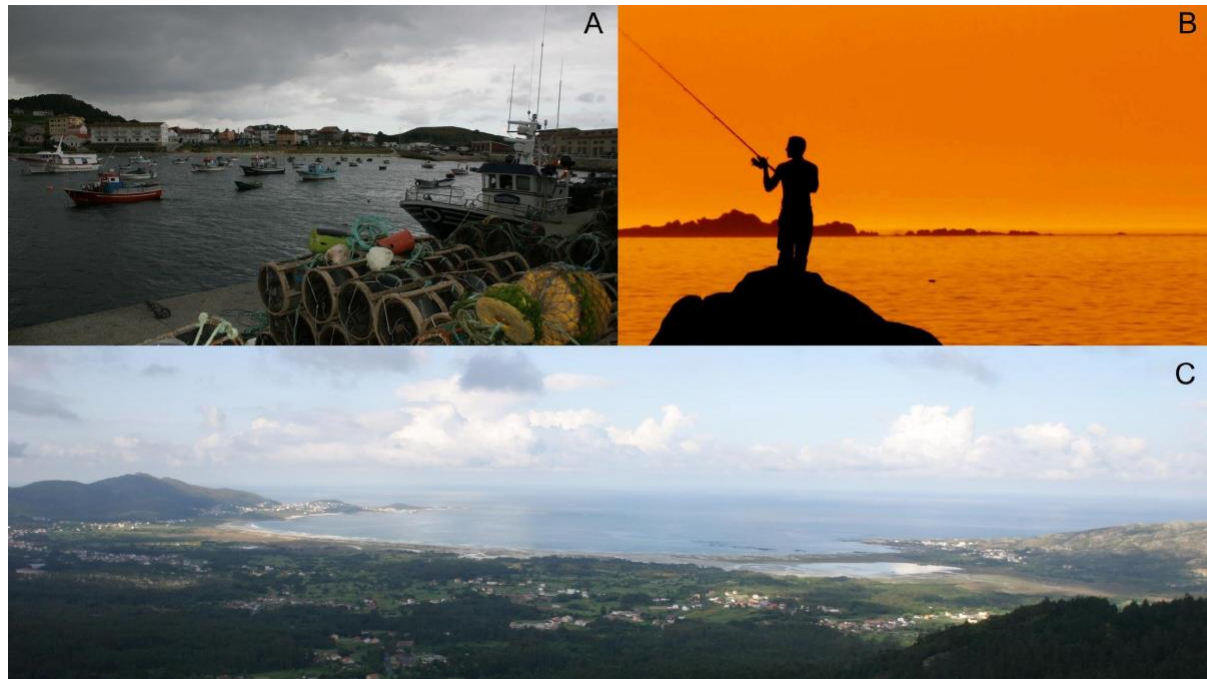


Figura 3. Ejemplos de actividades clave llevadas a cabo en la Reserva Marina de Interés Pesquero de Os Miñarzos: (A) pesca comercial y (B) pesca recreativa en el mar. También se muestra una vista general del área (C).

La RMIP Os Miñarzos cuenta con ecosistemas costeros de enorme riqueza, incluyendo lechos arenosos, bosques de kelp y otras algas y arrecifes rocosos. Cerca de la RMIP también hay un pantano y una laguna interior (Figura 3C). Las principales pesquerías de la RMIP son poliquetos (como cebo para pescadores recreativos), navajas (*Ensis* spp.), berberechos (*Cerastoderma edule*), almejas (*Ruditapes decussatus*), semilla de mejillón (*Mytilus galloprovincialis*) (comercializado a los acuicultores), pulpo común (*Octopus vulgaris*), sepia común (*Sepia officinalis*), centollo (*Maja brachydactyla*), bogavante (*Homarus gammarus*), nécora (*Necora puber*), camarón común (*Palaemon serratus*), percebe (*Pollicipes pollicipes*), erizo de mar (*Paracentrotus lividus*), maragota (*Labrus bergylta*), abadejo (*Pollachius pollachius*), sargo (*Diplodus sargus*), lubina (*Dicentrarchus labrax*), rayas y pintarrojás (*Scyliorhinus canicula*). Además de la pesca comercial y el marisqueo, se permite la pesca recreativa (excepto la pesca submarina), así como el buceo y otras actividades recreativas, excepto en la zona de reserva, donde solo se permiten actividades científicas (Fernández–Márquez, 2015).

Definición de las categorías y elementos dentro de las categorías

El marco de Cascada de Servicios Ecosistémicos (Haines–Young y Potschin, 2010) se utilizó como hilo conductor para la evaluación de las interacciones entre las características biofísicas del sistema, las funciones ecológicas de estos elementos y los beneficios sociales asociados dentro del contexto de cada una de las AMP incluidas en este estudio. Este marco conceptual ha sido ampliamente utilizado para representar las relaciones entre los procesos estructurales de un sistema y sus beneficios. Es un marco que ofrece un punto de encuentro entre diferentes disciplinas científicas (ecológicas vs. no ecológicas) y los diferentes actores sociales involucrados, ya que tiene la ecología como punto de partida y los beneficios sociales y su valor como punto final (Figura 4). Dentro del proyecto ECOSER este marco ha sido modificado y ampliado con el fin de considerar la retroalimentación ejercida por acciones humanas relacionadas con la gestión y los efectos del cambio climático sobre el sistema.

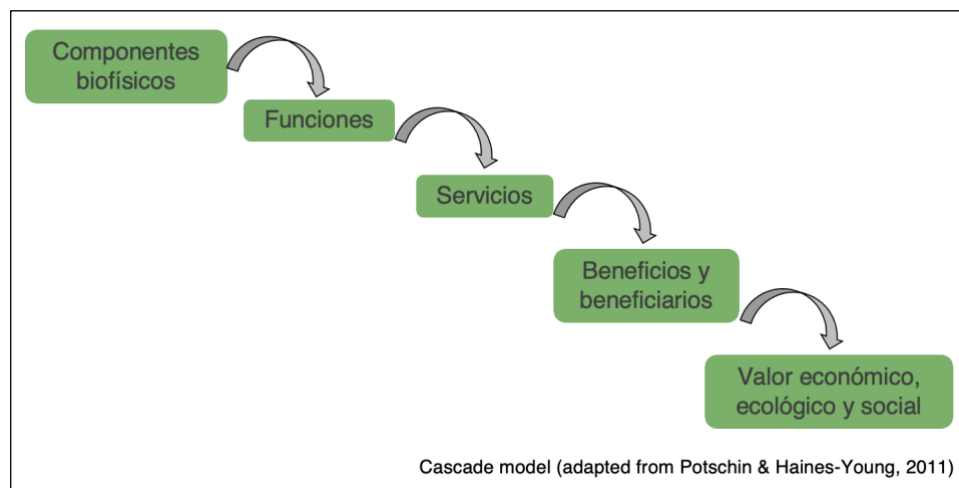


Figura 4. El modelo de cascada de servicios ecosistémicos relaciona las estructuras biofísicas con los beneficios socioeconómicos o culturales del bienestar humano en forma de cadena de producción.

En este estudio se han considerado cinco grandes categorías de elementos entre los cuales existen interacciones. Se han considerado interacciones a nivel ecológico, social y de gestión dentro de un contexto de cambio climático global (Figura 5). Así pues, los diferentes elementos considerados han sido:

- 1) Componentes ecológicos: los componentes biofísicos estructurales (hábitat) o clave debido a su rol en las interacciones ecológicas o a su interés de conservación.
- 2) Funciones ecosistémicas: los procesos físicos, químicos y biológicos que relacionan a los organismos con su entorno.
- 3) Actores sociales (beneficiarios): grupos humanos que tienen alguna interacción con los componentes ecológicos, ya sea por su uso (e.g., pescadores), su gestión (e.g., gestores del área o tomadores de decisión) o su disfrute (e.g., recreativo).
- 4) Intervenciones de gestión: intervenciones humanas cuya finalidad es gestionar las actividades que se realizan en las áreas protegidas para minimizar los efectos negativos sobre los componentes biofísicos.

5) Componentes asociados al cambio climático: principales factores ambientales regionales o globales que son causados por el cambio climático.

En cada caso de estudio se desarrolló un listado de elementos específicos conectados en base al contexto biofísico y a los principales actores en el área marina protegida. En cada área marina se identificaron entre 4 y 10 componentes de cada una de las categorías descritas anteriormente (Figura 5). Se limitó el número total de componentes por área marina para evitar obtener redes de interacciones con numerosas interacciones difíciles de interpretar. Por lo tanto, un máximo de 31 variables ecológicas y socioeconómicas se identificó por área marina. Una fracción de estas variables se mantuvieron comunes a todas las áreas con la finalidad de tener elementos de conexión entre las tres redes (e.g., actores políticos y variables asociadas al cambio climático).

Construcción de las matrices de interacciones y creación de grafos

La construcción de matrices de interacciones tuvo como objetivo ser el paso intermedio que ha permitido transformar los listados de elementos conectados en grafos dirigidos, ponderados y con signo. Los grafos son esquemas de redes, que ayudan a analizarlas, independientemente de la naturaleza de los objetos conectados y sus conexiones. Con este objetivo, los listados de elementos de cada área se tomaron como base para construir una matriz cuadrada donde se incluyó una valoración y dirección de las interacciones entre los distintos elementos conectados o nodos.

Las conexiones entre los elementos conectados se ponderaron en una escala de -2 a 2 (i.e., $-2, -1, 0, 1, 2$), donde -2 corresponde a la interacción más negativa y 2 a la interacción más positiva. Dichas conexiones se consideraron como relaciones dirigidas y únicamente se consideraron en ambas direcciones cuando la relación entre los nodos tenía lógica. Por ejemplo, existe evidencia científica que apoya que los bosques de algas pardas (un componente ecológico) tienen una relación positiva y dirigida hacia la formación de hábitat (una función del ecosistema). Sin embargo, no hay lógica en la relación inversa. Es decir, la formación de hábitat no tiene una relación dirigida hacia los bosques de algas pardas, pues la función del ecosistema no puede existir sin el componente ecológico.

Adicionalmente, solo se representaron las relaciones directas, aquellas que son evidentes entre dos nodos. No se consideraron relaciones indirectas derivadas de relaciones en cadena. Por ejemplo, no se puede decir que hay una relación directa y positiva entre las algas del coralígeno y las pesquerías de pequeña escala porque se considere que el coralígeno provea de hábitat a los peces, la abundancia y diversidad de peces aumente y esto favorezca a las pesquerías.

Se valoraron como cero (0) aquellas conexiones que podían existir, pero que en los casos de estudio se desconoce dicha relación, si es neutra o, no se detecta, por ejemplo, la relación entre esos dos nodos podría existir en otro caso de estudio en otro lugar del mundo. Ante cualquier duda, se optó por valorar la conexión entre dos nodos como *NA*. Algunas de las conexiones se consideraron como *NA* cuando la relación entre dos nodos no tiene sentido. Es decir, al elaborar la frase racional que explica la relación entre componentes no tiene sentido. Por ejemplo, no tiene ningún sentido decir que “la sensibilización tiene una relación

directa y positiva (aumenta) los eventos climáticos extremos”. Algunas de las conexiones se consideraron como *NA* estructurales, es decir en ninguno de los casos de estudio se espera que esos dos nodos tengan una relación lógica. Por ejemplo, no tiene ningún sentido para ningún caso de estudio que “la comunidad científica tenga un efecto dirigido y positivo (aumenta) la acidificación de los océanos a nivel global”.

A continuación, se describen las relaciones/interacciones consideradas dentro del sistema, estas relaciones han sido representadas en la Figura 5:

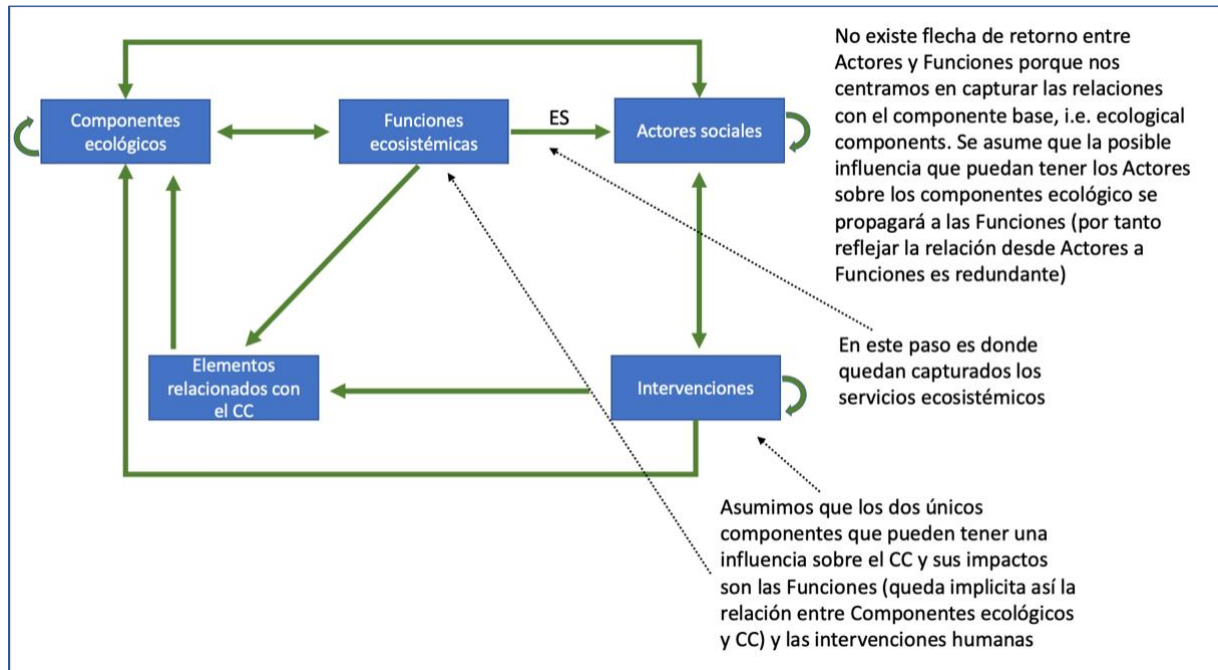


Figura 5. Diagrama de las relaciones contempladas en el estudio.

1) *Relación desde los componentes ecológicos hacia el resto de los elementos:*

- a) Componentes ecológicos: en general, se asumen interacciones positivas entre componentes (ej., la diversidad de peces favorece a la diversidad de invertebrados; a no ser que se tenga evidencia de lo contrario en el caso de estudio).
- b) Funciones ecosistémicas: determinadas por las funciones que realizan las especies/hábitats
- c) Actor/beneficiario: esta relación captura si el actor se puede beneficiar (o ver perjudicado) por la presencia del componente ecológico
- d) Intervenciones: no hay interacción en esta dirección, es decir, desde el componente ecológico a la intervención
- e) Componentes relacionados con el cambio climático: no hay interacción en esta dirección

2) *Relación desde funciones ecosistémicas al resto de componentes:*

- a) Componentes ecológicos: en general se considerará como no aplicable (NA), ya que las funciones las proveen los componentes biológicos. Sin embargo, puede haber algún caso de interacción positiva (p.ej.: de provisión de hábitat sobre una especie)

- b) Funciones ecosistémicas: asumimos que es NA
- c) Actor/beneficiario: el beneficio (o no-beneficio) derivado de la función
- d) Intervenciones: no hay interacción en esta dirección
- e) Componentes relacionados con el cambio climático: no hay interacción en esta dirección

3) *Relación desde Actor/beneficiario hacia:*

- a) Componentes ecológicos: la interacción será positiva, negativa, o neutra según el efecto que tengan los usuarios sobre el componente ecosistémico,
- b) Funciones ecosistémicas: indicamos *NA* ya que la interacción ocurre por medio de los componentes del ecosistema,
- c) Actor/beneficiario: interacción definida por posibles conflictos entre usuarios,
- d) Intervenciones: interacción definida por la demanda que pueden hacer los usuarios por medidas de regulación,
- e) Componentes relacionados con el cambio climático: no hay interacción en esta dirección.

4) *Relación desde Intervenciones hacia:*

- a) Componentes ecológicos: la interacción definida por los efectos de la regulación existente en el AMP, y otras intervenciones, sobre los componentes ecológicos,
- b) Funciones ecosistémicas: indicamos *NA* ya que la interacción ocurre por medio de los componentes del ecosistema,
- c) Actor/beneficiario: el efecto que tiene las diferentes regulaciones e intervenciones sobre los usuarios,
- d) Intervenciones: interacción que pueda haber entre las diferentes regulaciones,
- e) Componentes relacionados con el cambio climático: el efecto que puedan tener las diferentes regulaciones sobre efectos de CC (en general, se considera un efecto de mitigación si existe la regulación).

5) *Relación entre los componentes relacionados con el cambio climático hacia:*

- a) Componentes ecológicos: efectos (positivos o negativos) de los cambios relacionados con el cambio climático sobre los diferentes componentes ecológicos,
- b) Funciones ecosistémicas: indicamos *NA* ya que la interacción ocurre por medio de los componentes del ecosistema,
- c) Actor/beneficiario: indicamos *NA* ya que la interacción ocurre por medio de los componentes del ecosistema,
- d) Intervenciones: no hay interacción en esta dirección.

Validación de las matrices de interacciones y grafos

Una vez completada las matrices de interacciones para cada área se validaron con conocimiento experto, para ello se desarrollaron mesas de trabajo con diferentes grupos de actores sociales. En el caso de estudio del PN Cabo de Gata – Níjar las matrices se

elaboraron gracias a la información obtenida de la bibliografía, informes y pequeñas entrevistas con expertos conocedores del PN. Una vez elaborada la matriz se llevaron a cabo 4 mesas de trabajo para la validación, cada una de ellas dedicada a un sector. Los sectores con los que pudimos contactar para obtener información para la validación fueron el sector de la administración y gestión, sector investigador, sector pesquero y representantes de ONGs. En cada una de estas mesas de trabajo se plantearon preguntas y dudas acerca de interacciones concretas de la red, para así corroborar, validar o modificar cierta información plasmada en la matriz. Cada sector se centró en analizar relaciones concretas entre los componentes más afines a su papel en el PN, por ejemplo, los investigadores se centraron en la validación de las interacciones entre los componentes ecológicos y las funciones del ecosistema. Una vez finalizaron las mesas de trabajo, se procedió a integrar la información obtenida en ellas en la matriz.

En el caso de las Islas Cíes, se realizó una búsqueda bibliográfica de artículos científicos e informes públicos que diera soporte a las evaluaciones para cada uno de los nodos analizados. Una vez completadas y evaluadas de manera preliminar, las interacciones establecidas entre la lista de entidades, los casos que podrían generar dudas debido a falta de información o por ser interacciones sociales, se presentaron en 3 mesas de trabajo mixtas cuyo objetivo se centró en obtener la información necesaria que permitiese reducir el nivel de incertidumbre. El funcionamiento de las mesas se centraba en generar pequeños debates de tal forma que se tuviera en consideración todos los puntos de vista de los asistentes. Estas mesas no tuvieron una representación homogénea de los sectores, sino que, en función de las interacciones a tratar se seleccionaron expertos en el área. Por ejemplo, en una de las mesas de trabajo con expertos en las áreas de gestión, uso público, pesquerías y medio marino se analizaron interacciones sociales, desde el punto de vista de la conservación y la mejora de la gestión.

Para validar la matriz original de Os Miñarzos se realizaron 3 talleres: (1) con científicos con experiencia previa de investigación en la RMIP, cubriendo distintas áreas de conocimiento, incluyendo biología, ecología, gestión pesquera, gobernanza, y economía; (2) con gestores públicos involucrados en la gobernanza de la RMIP, incluyendo miembros del Comité de Gestión; y (3), con el resto de usuarios y partes interesadas clave identificadas previamente por el equipo de investigación involucrado en el proyecto, incluyendo pescadores artesanales, mariscadores, población local, turismo activo, y pesca recreativa. Se generó un debate en cada una de las mesas destinado a fomentar la participación de todos los actores y obtener un resultado con el máximo grado de consenso posible.

Análisis de las redes y cálculo de las medidas de centralidad

Una vez validados y/o corregidos los valores de las matrices, se realizó un análisis de redes utilizando un enfoque multicapa (Langle–Flores et al., 2021; Pilosof et al., 2017) que permitió evaluar, en conjunto y para cada caso de estudio, la conexión entre: (1) los componentes ecológicos; (2) las funciones del ecosistema; (3) los actores sociales; (4) las acciones de gestión, y (5) los impactos del cambio global en cada una de las áreas protegidas. Con todos los nodos de todas las categorías, se construyó una matriz de adyacencia con ponderaciones, la matriz de adyacencia fue representada como un grafo usando el lenguaje y el entorno R

para la computación estadística (R Core Team, 2021) y el paquete *igraph* (Csardi y Nepusz, 2006).

Seguidamente, calculamos diferentes medidas de centralidad considerando los vínculos entre los diferentes nodos de las cinco categorías. En una red de elementos conectados, es posible determinar cuál de los elementos es más importante calculando una serie de medidas de centralidad. Las medidas de centralidad elegidas como las más informativas en este tipo de redes dirigidas, ponderadas y con signo fueron: Grado, Grado con signo, Vector propio con signo, e Índice positivo negativo (Tabla 1).

Para calcular estas medidas de centralidad se utilizó el paquete *signnet* para R (Schoch, 2020). Al obtener estas medidas de centralidad fue posible obtener grafos que representan la estructura de la red y permitían identificar visualmente los actores más importantes (Pedersen, 2021), y también listados de esos elementos de la red, ordenados por el valor ascendente o descendente de cada medida de centralidad. De esta manera, analizamos la estructura de cada una de las redes y cómo cada una de las categorías y elementos de dichas redes condicionan la efectividad de las áreas protegidas como un ente conectado.

Tabla 1. Definición y fundamento racional de las medidas de centralidad calculadas incluyendo referencias bibliográficas donde se pueden consultar detalles matemáticos y técnicos relacionados a su formulación y uso.

| Medida de centralidad | Referencias | Definición | Fundamento |
|--|--|---|---|
| Grado | Barrat et al., 2004 | En inglés ' <i>Degree</i> '. El grado de un nodo es el número de aristas conectadas a dicho nodo. | El grado es el número de nodos con los que un nodo interacciona. |
| Grado con signo | Schoch, 2020 | En inglés ' <i>Signed Degree</i> '. El grado con signo de un nodo es el número de aristas conectadas a dicho nodo. El valor es el resultado neto de las interacciones positivas y negativas. | El grado con signo es el valor neto de los nodos con los que un nodo tiene interacciones negativas o positivas. Es decir, el número total de conexiones con otros nodos de la red. |
| Centralidad del vector propio con signo | Bonacich y Lloyd, 2004; Everett y Borgatti, 2014 | En inglés ' <i>Signed Eigenvector centrality</i> '. La centralidad del vector propio con signo deriva de la centralidad del vector propio. Las interacciones negativas y positivas se escalan para que el valor máximo sea 1. | La centralidad del vector propio con signo es una medida de la influencia de un nodo en la red. Su interpretación es la misma que la versión de esta medida sin signo. Un nodo con alta centralidad del vector propio con signo puede propagar más fácilmente su influencia a través de la red. |
| Índice Positivo–Negativo | Everett y Borgatti, 2014 | En inglés ' <i>Positive–Negative index</i> '. Es muy similar al estatus de Katz y a la medida de Hubbell para las redes con únicamente vínculos positivos. Ver Everett y Borgatti (2014) para los detalles técnicos. | El índice Positivo–Negativo indica si un nodo tiene una influencia global negativa, neutra o positiva de acuerdo a la suma de las relaciones de ese nodo con los demás nodos de la red. |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados para el caso de estudio PN Cabo de Gata – Níjar

La red del PN Cabo de Gata – Níjar tiene 30 nodos y 479 interacciones. La distancia media entre nodos es de 0.03; la densidad de interacciones es de 0.55; la transitividad es de 0.82 y la cohesión de grupo es de 3.

La red del PN Cabo de Gata – Níjar (Figura 6) está formada por los componentes ecológicos (en verde), las funciones del ecosistema (azul), los actores sociales (naranja), las acciones de gestión (púrpura) y los impactos del cambio global (rojo). Cada una de las anteriores categorías incluye una serie de elementos conectados o nodos representados por cajas, donde el tamaño de las cajas representa la importancia de cada nodo en términos del número de conexiones. Es decir, cuanto más grande es la caja, mayor es el número de conexiones (grado) de cada nodo.

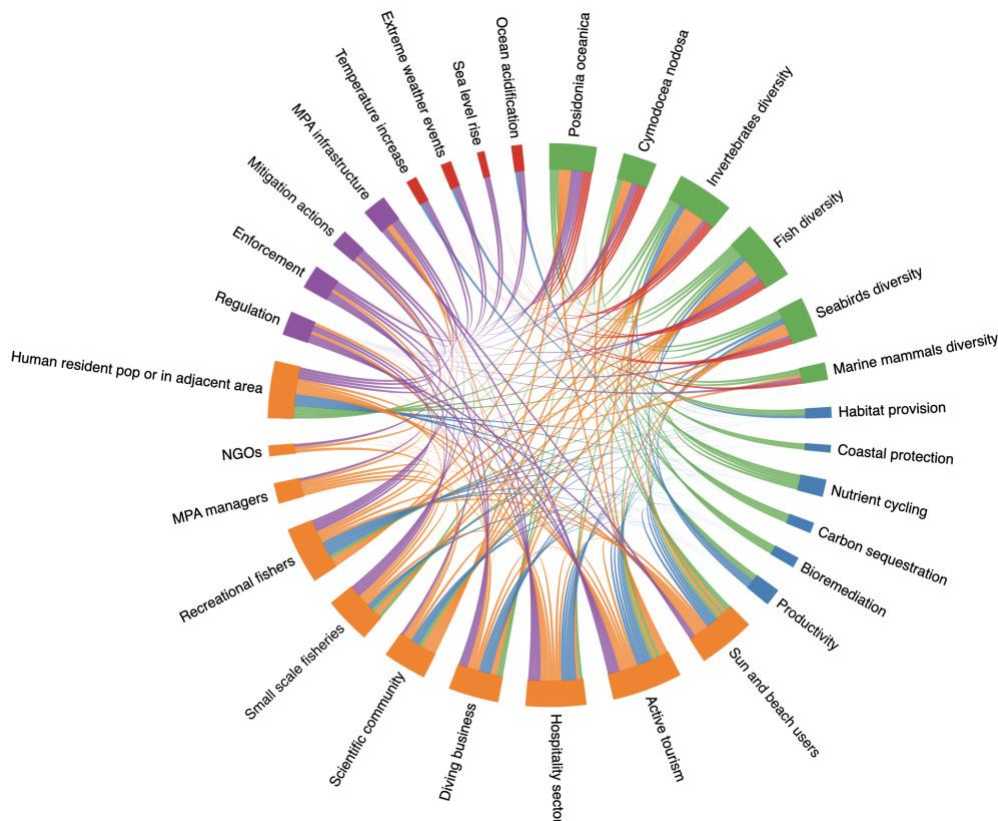


Figura 6. Red de relaciones entre los diferentes componentes del PN Cabo de Gata – Níjar. Se muestran los componentes ecológicos en verde, las funciones del ecosistema en azul, los actores sociales en naranja, las acciones de gestión en púrpura y los impactos del cambio global en rojo. El tamaño de las cajas representa la importancia de cada nodo en términos del grado, es decir del número de conexiones. Ver Tabla A1 (Anexo) para una traducción de los términos en inglés.

En la red de PN Cabo de Gata – Níjar, los actores sociales (naranja) y los componentes ecológicos (verde) son los de mayor grado, mayor número de conexiones, dentro de la red. En el grupo de actores sociales el nodo con mayor grado es el turismo activo, seguido de la población residente, los pescadores recreativos, el sector hostelero y los usuarios de playa.

En el grupo de los componentes ecológicos los nodos de mayor grado corresponden a los nodos de diversidad de peces y de invertebrados, siendo la diversidad de mamíferos marinos el grupo ecológico con menor grado, menos conexiones, dentro de la red. En tercera posición se encuentran las acciones de mejora (morado), seguidas por las funciones ecosistémicas (azul) y finalmente el grupo de presiones de cambio global (rojo).

El mapa de calor (Figura 7), es una representación gráfica de la matriz de elementos conectados y la valoración positiva o negativa de sus relaciones. Los colores cálidos representan interacciones negativas (-2, -1) y los colores fríos representan interacciones positivas (1, 2) las relaciones no existentes se muestran de color blanco y las neutras (0) en color beige.

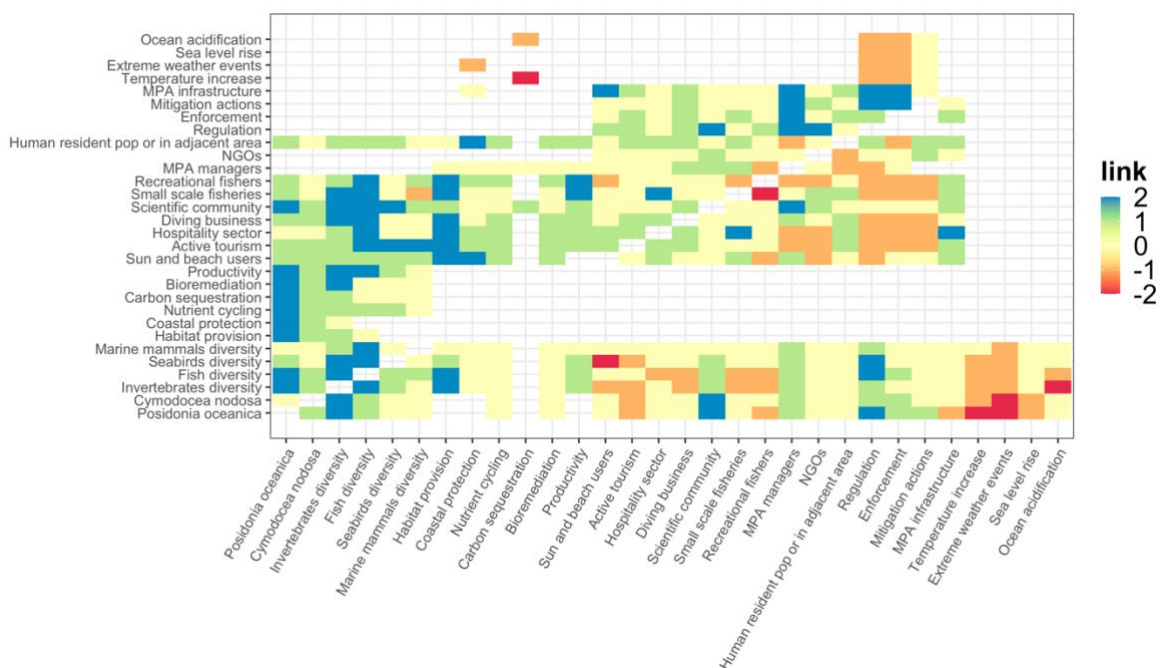


Figura 7. Mapa de calor donde se representan los valores asignados a cada una de las interacciones entre nodos del PN Cabo de Gata – Níjar. Los tonos cálidos representan interacciones negativas, y los azules interacciones positivas. Ver Tabla A1 (Anexo) para una traducción de los términos en inglés.

Se observa que los componentes ecológicos establecen, de manera general, interacciones positivas con el resto de los nodos de la red, con excepción de algunas relaciones neutras y una interacción negativa del nodo de la diversidad de mamíferos hacia los pescadores artesanales. Son también positivas las relaciones de las funciones del ecosistema hacia el resto de los componentes, en el caso de las interacciones hacia los efectos de cambio climático, las relaciones existentes son negativas debido al efecto que algunas funciones del ecosistema pueden tener para contrarrestar los impactos del cambio global. Las interacciones de los nodos de las categorías de actores sociales y las intervenciones de gestión hacia el resto de los nodos tienen en general una variedad de valoraciones. Si por ejemplo nos fijamos en la relación de los actores sociales hacia los componentes ecológicos, en general las relaciones se consideran neutras o negativas, a excepción de la comunidad científica y de los gestores del PN que influyen de manera positiva. Cabe destacar también la influencia negativa que parecen tener las intervenciones del PN hacia los actores sociales. Finalmente,

en el extremo derecho de la Figura 7 se sitúan las interacciones de cambio global que afectan de manera negativa sobre los componentes ecológicos.

El grafo de relaciones socio–ecológicas (Figura 8) muestra las conexiones entre los diferentes elementos de la red. El color y el tamaño del nodo representa la importancia relativa de cada componente en la red dependiendo de su fuerza y papel en la misma. El tamaño representa el vector propio con signo, a mayor tamaño mayor propagación de sus efectos en la red. La centralidad del vector propio tiene en cuenta no sólo cuántas conexiones tiene un nodo (es decir, su grado o fortaleza), sino también la centralidad de los vértices a los que está conectado. El color del nodo representa el índice positivo–negativo, este índice indica si un nodo tiene una influencia global negativa, neutra o positiva de acuerdo con la suma de las relaciones de ese nodo y los demás nodos de la red.

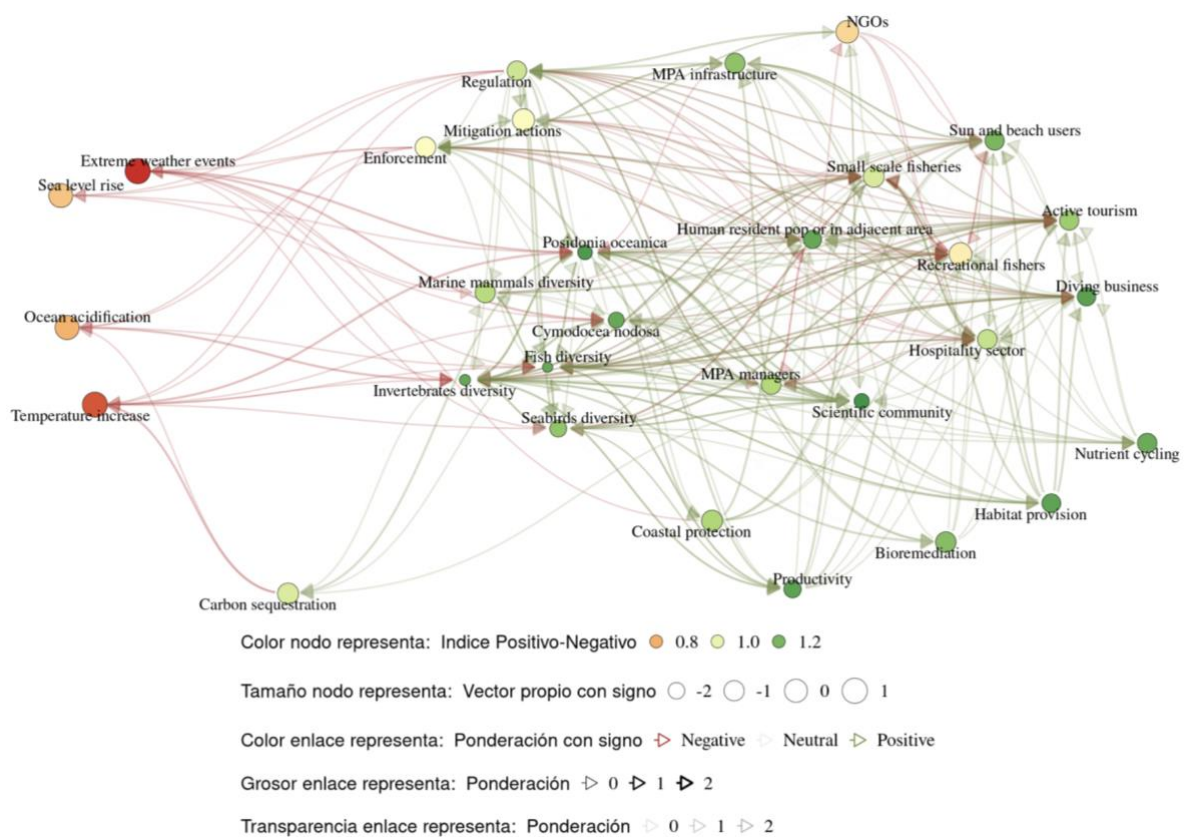


Figura 8. Grafo de relaciones socio–ecológicas del PN Cabo de Gata – Níjar. Los nodos aparecen como círculos y sus vínculos como líneas. Se muestran los resultados de diferentes medidas de centralidad para los nodos y las aristas de la red (ver apartados de metodología y resultados). Ver Tabla A1 (Anexo) para una traducción de los términos en inglés.

Observamos que los nodos situados en el centro del grafo son aquellos que establecen más conexiones con el resto de los nodos de la red, es decir, presentan mayor medida de centralidad de grado. Estos nodos pertenecen en su mayoría a las categorías de componentes ecológicos, actores sociales y acciones de mejora. Sin embargo, esto no significa que tengan una gran propagación a lo largo de la red. Si nos fijamos, por ejemplo, en el nodo de la *Posidonia oceanica*, el color del nodo es de un color verde intenso, pero el tamaño del nodo es pequeño, esto nos muestra la gran influencia positiva que tiene dentro de la red pero esta no se propaga de manera directa a lo largo de ella aunque sea el nodo

con mayores interacciones. Si por el contrario analizamos el caso del nodo de los pescadores recreativos, observamos como el nodo es de mayor tamaño y en una tonalidad anaranjado pálido, esto nos muestra su mayor propagación de efectos dentro de la red, pero influencia negativa. De manera general los nodos en tonalidades verdes tienen influencias positivas y el tamaño del nodo nos indica la propagación de sus efectos.

En los bordes de la red, se observan los nodos con menos conexiones dentro de la red. En el margen inferior a la derecha, encontramos los nodos relacionados con la categoría de funciones del ecosistema, donde vemos la influencia positiva que tienen de manera general. Por el contrario, en el margen izquierdo, encontramos los nodos de la categoría de efectos de cambio global, por el tamaño del nodo vemos que tienen una gran capacidad para propagar su gran influencia negativa dentro de la red. Cabe destacar también, el nodo de las ONGs (margen superior derecho), que por lo que se identifica tienen una influencia negativa, aunque sus conexiones dentro de la red sean bajas.

Para comprender en profundidad los datos de la red de relaciones socio-ecológicas (Figura 8) a continuación se muestran las tablas correspondientes a los valores de las medidas de centralidad graficadas. Exponiendo para cada caso el top 5, en orden ascendente y descendente, es decir, los 5 primeros y los 5 últimos nodos representativos de cada medida.

Medida de centralidad de Grado

En la clasificación obtenida para la medida de centralidad de grado (Tabla 2) se observan los nodos con mayores interacciones dentro de la red, en el top 3 tenemos componentes ecológicos, esto es así, ya que siendo un AMP, los componentes del medio son los unifican a todo el resto. En cuarto lugar, están las fanerógamas y la comunidad científica, y finalmente un gran grupo de actores sociales.

Tabla 2. Clasificación con los 5 nodos más importantes, basado en el número de relaciones totales, de la red del PN Cabo de Gata – Níjar.

| Orden | Nodo | Grado |
|-------|---|-------|
| 1 | Diversidad de invertebrados | 47 |
| 2 | Diversidad de peces | 46 |
| 3 | Diversidad de aves marinas, Diversidad de mamíferos marinos | 45 |
| 4 | <i>Cymodocea nodosa</i> , <i>Posidonia oceanica</i> , Comunidad científica | 44 |
| 5 | Turismo activo, sector hostelero, empresas de buceo, pescadores artesanales y población residente | 43 |

En la Tabla 3 con menos interacciones en la red tenemos las presiones de cambio global y las funciones del ecosistema. Estos nodos son menos importantes dentro de la red porque tienen interacciones puntuales con el resto de los nodos, ya que tienen relación directa con menos componentes.

Tabla 3. Clasificación con los 5 nodos menos importantes, basado en el número de relaciones totales, de la red del PN Cabo de Gata – Níjar.

| Orden | Nodo | Grado |
|-------|--|-------|
| 1 | Aumento nivel del mar | 9 |
| 2 | Incremento de la temperatura del mar, eventos meteorológicos extremos, acidificación oceánica y secuestro de carbono | 10 |
| 3 | Suministro de hábitat | 17 |
| 4 | Protección costera y productividad | 18 |
| 5 | Reciclado de nutrientes | 21 |

Medida de centralidad de Grado con signo

El nodo con mayores interacciones positivas es la *Posidonia oceánica* (Tabla 4), que es uno de los componentes ecológicos de mayor interés en la zona de estudio, le sigue en valoración de interacciones positivas dos actores sociales, la comunidad científica y la población residente, en cuarto lugar, la diversidad de invertebrados, la diversidad de peces, *Cymodocea nodosa*, la productividad, suministro de hábitat y las empresas de buceo. Finalmente, en quinto lugar, los usuarios de playa y el reciclado de nutrientes.

Tabla 4. Clasificación de los 5 nodos que presentan más interacciones netas positivas, basado en el número de relaciones totales con signo, de la red del PN Cabo de Gata – Níjar.

| Orden | Nodo | Grado con signo |
|-------|--|-----------------|
| 1 | <i>Posidonia oceanica</i> | 15 |
| 2 | Comunidad científica | 14 |
| 3 | Población residente | 13 |
| 4 | Diversidad de invertebrados, diversidad de peces, <i>Cymodocea nodosa</i> , empresas de buceo, productividad y suministro de hábitat | 12 |
| 5 | Usuarios de la playa y reciclado de nutrientes | 11 |

En la Tabla 5, aunque se muestran, se han excluido de la clasificación los resultados de cambio global, ya que damos por supuesto que estos son los nodos con mayores interacciones negativas. Excluyendo las presiones de cambio global las ONGs tienen una valoración neta negativa de -1 seguidos de los pescadores recreativos y el cumplimiento de las medidas, en tercer lugar, las acciones de mitigación y el secuestro de carbono, en cuarto los pescadores artesanales y finalmente la diversidad de mamíferos marinos, regulación y protección costera; todas estas tienen valoración neta positiva, pero con un valor bajo.

Tabla 5. Clasificación de los 9 nodos que presentan más interacciones netas negativas o menores interacciones dentro de la red del PN Cabo de Gata – Níjar, basado en el número de relaciones totales con signo. Resaltados en negrita aparecen los 5 nodos con mayor influencia no relacionados con las presiones de cambio climático.

| Orden | Nodo | Grado con signo |
|-------|---|-----------------|
| 1 | Eventos meteorológicos extremos | -9 |
| 2 | Incremento de la temperatura del mar | -8 |
| 3 | Acidificación oceánica | -5 |
| 4 | Aumento nivel del mar | -4 |
| 5 | ONGs | -1 |
| 6 | Pescadores recreativos y cumplimiento de las medidas | 1 |
| 7 | Acciones de mitigación y secuestro de carbono | 2 |
| 8 | Pescadores artesanales | 5 |
| 9 | Diversidad de mamíferos marinos, regulación y protección costera | 6 |

Medida de centralidad de Vector propio con signo

Los nodos que mejor propagan sus influencias dentro de la red son las presiones de cambio global, ya que tienen una influencia directa o indirecta sobre todos los componentes (Tabla 6). Con una valoración de -0.017 en el puesto 5 tenemos a los pescadores recreativos, no siendo significativa su influencia negativa con respecto a los efectos del cambio global.

Tabla 6. Clasificación de los 5 nodos con mayor influencia dentro de la red, basado en el vector propio con signo, del PN Cabo de Gata – Níjar.

| Orden | Nodo | Vector propio con signo |
|-------|--------------------------------------|-------------------------|
| 1 | Eventos meteorológicos extremos | 1 |
| 2 | Incremento de la temperatura del mar | 0.935 |
| 3 | Acidificación oceánica | 0.524 |
| 4 | Aumento nivel del mar | 0.426 |
| 5 | Pescadores recreativos | -0.017 |

Los nodos con menor influencia negativa dentro de la red (Tabla 7) son la diversidad de peces, la diversidad de invertebrados, la *Posidonia oceanica*, la comunidad científica y *Cymodocea nodosa*. Todos los nodos, exceptuando la comunidad científica son componentes ecológicos.

Tabla 7. Clasificación de los 5 nodos con menor influencia dentro de la red, basado en el vector propio con signo, del PN Cabo de Gata – Níjar.

| Orden | Nodo | Vector propio con signo |
|-------|-----------------------------|-------------------------|
| 1 | Diversidad de peces | -2.634 |
| 2 | Diversidad de invertebrados | -2.624 |
| 3 | <i>Posidonia oceanica</i> | -2.328 |
| 4 | Comunidad científica | -2.241 |
| 5 | <i>Cymodocea nodosa</i> | -2.112 |

Medida de centralidad del Índice positivo–negativo

Los nodos con mayor influencia positiva (Tabla 8) son la comunidad científica, la *Posidonia oceanica*, las empresas de buceo, la productividad, el suministro de hábitat, la diversidad de invertebrados y peces y la población residente.

Tabla 8. Clasificación de los 5 nodos con mayor influencia positiva dentro de la red, basado en el índice positivo–negativo, del PN Cabo de Gata – Níjar.

| Orden | Nodo | Índice positivo – negativo |
|-------|--|----------------------------|
| 1 | Comunidad científica | 1.279 |
| 2 | <i>Posidonia oceanica</i> | 1.264 |
| 3 | Empresas de buceo | 1.248 |
| 4 | Productividad y suministro de hábitat | 1.242 |
| 5 | Diversidad de invertebrados, diversidad de peces y población residente | 1.231 |

La Tabla 9 muestra cuáles son los nodos con una mayor influencia negativa obviando la influencia de las presiones de cambio climático, que claramente tienen las mayores influencias negativas. Las ONGs tienen la menor influencia positiva dentro de la red, seguidos por los pescadores recreativos, el cumplimiento de las medidas, las acciones de mitigación y el secuestro de carbono.

Tabla 9. Clasificación de los 9 nodos con mayor influencia negativa dentro de la red, basado en el índice positivo–negativo, del PN Cabo de Gata – Níjar. Resaltados en negrita aparecen los 5 nodos con mayor influencia negativa no relacionados con las presiones de cambio climático.

| Orden | Nodo | Índice positivo – negativo |
|----------|--------------------------------------|----------------------------|
| 1 | Eventos meteorológicos extremos | 0.643 |
| 2 | Incremento de la temperatura del mar | 0.683 |
| 3 | Acidificación oceánica | 0.81 |
| 4 | Aumento nivel del mar | 0.844 |
| 5 | ONGs | 0.883 |
| 6 | Pescadores recreativos | 0.93 |
| 7 | Cumplimiento de las medidas | 0.967 |
| 8 | Acciones de mitigación | 0.968 |
| 9 | Secuestro de carbono | 1.035 |

Discusión para el caso de estudio PN Cabo de Gata – Níjar

El PN Cabo de Gata – Níjar surgió después de múltiples contactos con las Administraciones Pesquera y Medioambiental de la Junta de Andalucía, posteriormente a la creación del PN Cabo de Gata – Níjar, al ponerse en evidencia la necesidad de proteger ciertos enclaves marinos de la costa de Almería. En 1995 se publica la Orden Ministerial por la que se crea la reserva marina, en su totalidad en aguas exteriores, delimitada en su parte exterior por la línea de una milla náutica y en su parte interior por las líneas de base rectas (PRUG–PNCGN). Las aguas de la reserva, de gran transparencia, albergan variadas comunidades mediterráneas en las que se hace sentir la influencia de las aguas atlánticas, lo que les confiere un elevado valor biogeográfico. Plantas como *Posidonia*, algas y variadas especies de invertebrados y vertebrados pueblan la reserva. Es de esperar por tanto que los componentes ecológicos tengan una gran importancia, además de que existan diversas relaciones entre actores sociales, ya que se trata de un PN a lo largo de una franja litoral de 60 km.

En este caso de estudio se tuvieron en cuenta un total de 30 nodos categorizados en 5 componentes, en los resultados de este informe se exponen las relaciones entre nodos y las influencias de unos sobre otros. Para la facilitación y entendimiento de estos resultados se procederá a analizar por bloque de componentes.

Con respecto a los componentes ecológicos se tuvieron en cuenta como nodos la *Posidonia oceanica*, la *Cymodocea nodosa*, la diversidad de invertebrados, la diversidad de peces, la diversidad de aves y la diversidad de mamíferos marinos. Estos 6 nodos son considerados los más importantes basados en las relaciones totales con otros nodos, esto tiene sentido ya que siendo un AMP los componentes del medio son los que le dan valor a la zona y los que se interrelacionan con un mayor número de componentes. Además, la *Posidonia oceanica*, la diversidad de invertebrados, la de peces y la *Cymodocea nodosa* son los que presentan mayores interacciones positivas, esto es debido a que los componentes naturales más importantes ejercen unos efectos positivos sobre gran parte de la red. A su vez, aunque los 4 elementos o nodos mencionados anteriormente sean los más importantes con respecto al número de relaciones y al número de interacciones positivas, la propagación de sus efectos a lo largo de la red no se refleja directamente sino a través de sus funciones, que en gran medida condicionan los servicios ecosistémicos existentes en la zona. Aun siendo uno de los componentes que propaga menos sus efectos a otros elementos y componentes de la red, la *Posidonia oceanica* tiene una de las máximas influencias positivas, debido a las funciones ecosistémicas que promueve y que condicionan un flujo de interacciones positivas en la red.

Las funciones del ecosistema que se tuvieron en cuenta para este caso de estudio fueron la provisión de hábitat, la protección costera, el reciclado de nutrientes, el almacenamiento de carbono, la biorremediación y la productividad. Estos nodos son los de menor grado, junto con las presiones de cambio global, es decir que estos son los que acumulan el menor número de interacciones. Sin embargo, éstas funciones del ecosistema conectan a los componentes ecológicos con los actores sociales presentes en la zona. A su vez, algunas funciones del ecosistema, como el secuestro de carbono y la protección costera tienen gran influencia positiva dentro de la red, ya que propagan sus efectos al resto de nodos.

Como se ha mencionado anteriormente el PN se extiende a lo largo de una larga franja litoral con varios núcleos urbanos, es por ello por lo que existen un gran número de actores sociales con relaciones directas al área protegida. Los actores sociales que destacan dentro del PN son los usuarios de playa, el turismo activo, el sector hostelero, la comunidad científica, los pescadores artesanales, los pescadores recreativos, los gestores del PN, las ONGs y la población residente. De todos estos actores sociales la comunidad científica y la población residente son los que mayores interacciones netas positivas tienen, esto no quiere decir que otros actores sociales sean menos importantes dentro del PN, quizás lo que esto está reflejando es que son los dos colectivos con menos conflictos con otros actores sociales dentro de la red. Por otro lado, las ONGs tienen una valoración negativa y los pescadores recreativos bastante baja en cuanto a interacciones, esto muestra el conflicto que tienen con el resto de la red. A su vez estos dos son considerados influyentes en la red, es decir que propagan esos efectos negativos a lo largo de la red, lo que podría afectar su funcionamiento como un todo.

Las intervenciones que ocurren en el PN no parecen destacar demasiado con respecto al resto de nodos en el número de interacciones, pero si observamos, que, por ejemplo, el cumplimiento de las medidas y las acciones de mitigación son nodos con una influencia positiva baja dentro de la red, esto puede deberse a la falta de recursos y medidas de estos últimos años con respecto al impacto turístico. Por último, los resultados obtenidos para la categoría de efectos del cambio climático indican que, aunque sean los de menor grado, es decir los que menos interacciones tienen dentro de la red, son los que en mayor medida propagan sus efectos, siendo esta propagación indirecta, y a través de los componentes ecológicos. Los eventos meteorológicos extremos y el incremento de la temperatura del mar destacan por ser los nodos con mayor impacto negativo, corroborando estudios recientes sobre la tropicalización del mediterráneo (Carrió et al., 2017).

Resultados para el caso de estudio PNMT Islas Atlánticas de Galicia

La red del PNMT Islas Atlánticas de Galicia tiene 31 nodos y 414 interacciones. La distancia media entre nodos es de 0.32; la densidad de interacciones es de 0.45; la transitividad es de 0.80 y la cohesión de grupo es de 3.

La red del PNMT Islas Atlánticas de Galicia, representada en la Figura 9, está formada por los componentes ecológicos en verde, las funciones del ecosistema en azul, los actores sociales en naranja, las acciones de gestión en púrpura y los impactos del cambio global en rojo. Cada una de las anteriores categorías incluye una serie de elementos conectados o nodos representados por cajas, donde el tamaño de las cajas representa la importancia de cada nodo en términos del número de conexiones. Es decir, cuanto más grande es la caja, mayor es el número de conexiones (grado) de cada nodo.

La red del PNMT Islas Atlánticas de Galicia tiene 31 nodos y 414 interacciones. La distancia media entre nodos es de 0.32; la densidad de interacciones es de 0.45; la transitividad es de 0.80 y la cohesión de grupo es de 3.

En la red de PNMT Islas Atlánticas de Galicia, la categoría de nodos que más conexiones establece con el resto de las categorías y nodos de la red, es el de actores sociales (naranja),

dentro de éste es destacable el alto valor de grado del nodo correspondiente a la comunidad científica (45 conexiones), seguido de los nodos de turismo activo, empresas de buceo y pescadores artesanales (todos con 44 conexiones).

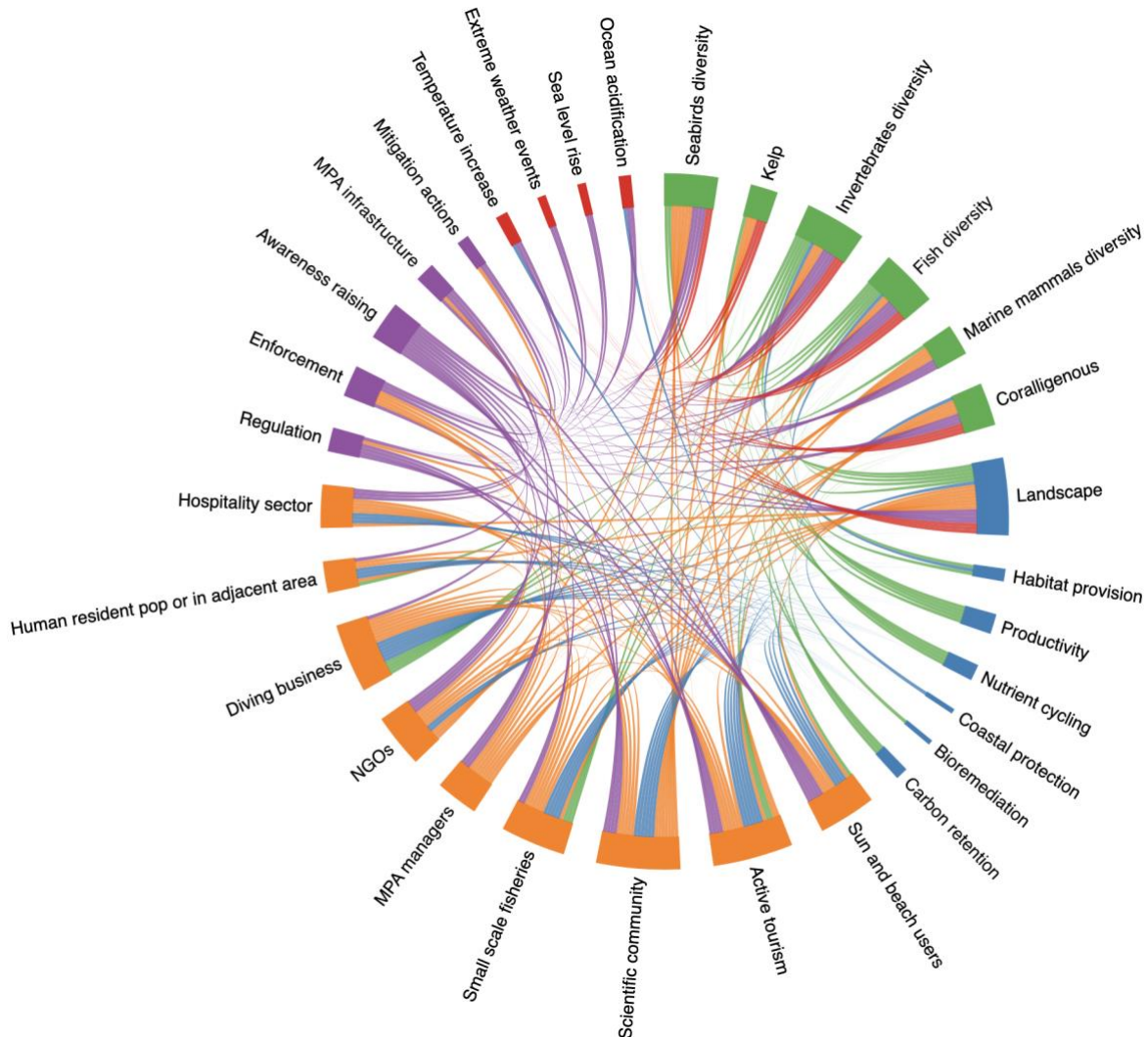


Figura 9. Red de relaciones entre los diferentes componentes del PNMT Islas Atlánticas de Galicia. Se muestran los componentes ecológicos en verde, las funciones del ecosistema en azul, los actores sociales en naranja, las acciones de gestión en púrpura y los impactos del cambio global en rojo. El tamaño de las cajas representa la importancia de cada nodo en términos del grado, es decir del número de conexiones. Ver Tabla A1 (Anexo) para una traducción de los términos en inglés.

La siguiente categoría por destacar es la de componentes ecológicos (verde), donde se observa que el mayor grado, es decir los nodos con mayor número de conexiones y en la Figura 9 los mayores tamaños de cajas se corresponden con los nodos de diversidad de invertebrados (38 conexiones), diversidad de peces (37 conexiones) y finalmente diversidad de aves marinas (31 conexiones). Mientras que los nodos de coralígenos, diversidad de mamíferos marinos y kelp son los que establecen un menor número de conexiones (26, 28 y 32, respectivamente).

En tercera posición se sitúan las acciones de mejora (morado), en este caso el nodo de mayor grado es el que está asociado a las actividades de sensibilización/concienciación (32

conexiones) mientras que el que nodo de menor tamaño se corresponde al de acciones de mitigación (28 conexiones). Ocupando el cuarto puesto están las funciones ecosistémicas (azul) donde destaca por encima del resto el nodo de paisaje que presenta un grado de 34, indicando así que es el que más número de conexiones establece. En último lugar estaría el grupo de las presiones de cambio global (rojo) que presentan en su conjunto valores de grado bajo.

En la Figura 10 se observa, a través de una escala de colores donde los tonos fríos representan interacciones positivas, los tonos cálidos representan interacciones negativas y el color beige representa interacciones neutras, cual es la naturaleza de las interacciones que se establecen nodo a nodo. Debe tenerse en cuenta que los recuadros en blanco son interacciones que no tienen sentido (NA: no aplica) en la red.

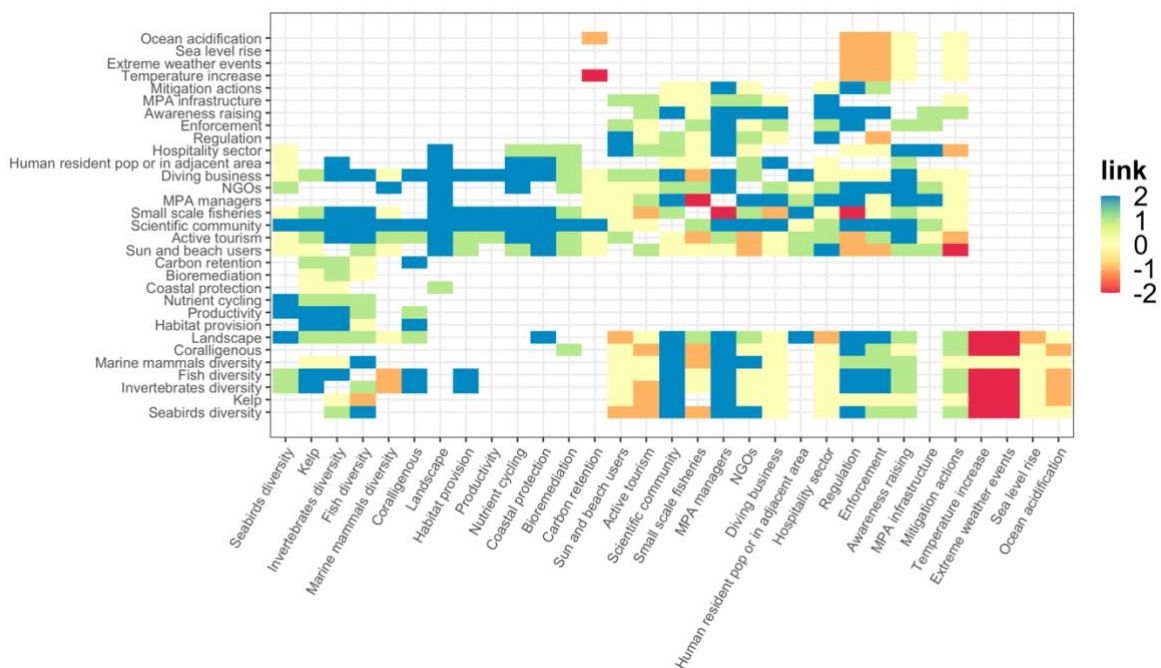


Figura 10. Mapa de calor donde se representan los valores asignados a cada una de las interacciones entre nodos del PNMT Islas Atlánticas de Galicia. Los tonos cálidos representan interacciones negativas, y los azules interacciones positivas. Ver Tabla A1 (Anexo) para una traducción de los términos en inglés.

La visualización mediante grafos y matrices de mapas de calor permite comprobar que los nodos que pertenecen a la categoría de componentes ecológicos establecen en su mayoría interacciones positivas con el resto de los nodos de la red. Sin embargo, se observan 3 interacciones negativas relacionadas con la diversidad de peces sobre el kelp, y la diversidad de mamíferos marinos sobre diversidad de peces y de invertebrados.

También ejercen interacciones positivas los nodos de la categoría de funciones del ecosistema sobre los actores sociales, con algunos de los nodos de componentes ecológicos como el nodo de suministro de hábitat sobre la diversidad de peces y la de invertebrados o el nodo de biorremediación y el de coralígeno. Incluso, se ha dado el caso de que se generan sinergias positivas entre los nodos de protección costera y paisaje.

Las interacciones que se establecen entre los nodos de las categorías de actores sociales y acciones de gestión, situadas en la parte central de la Figura 10, presentan una alta variabilidad en relación con la interacción que se establece, aunque hay una clara tendencia a la interacción positiva. Por ejemplo, los gestores del PNMT establecen interacciones positivas con la mayoría de los nodos de la red, sin embargo, la interacción se vuelve negativa y bidireccional con el nodo de pescadores artesanales. Por otro lado, llama la atención el resultado obtenido para el nodo de regulación que muestra una interacción negativa sobre el nodo de pescadores artesanales al igual que el nodo de acciones de mitigación la ejerce sobre el turismo activo. Finalmente, en el extremo derecho de la Figura 10 se sitúan los componentes de cambio global, donde incremento de temperatura y eventos climáticos extremos parecen ser los que ejercen un mayor efecto negativo sobre los nodos de la categoría de componentes del ecosistema.

La Figura 11 es un grafo conjunto de todos los nodos implicados en la red donde el color y tamaño de los círculos corresponden a las medidas de centralidad de índice positivo–negativo (el tipo de influencia que genera cada nodo) y el vector propio con signo (la propagación de la influencia). Mientras que el número de flechas salientes y entrantes desde cada nodo corresponde al número de conexiones de dicho nodo, es decir a la medida de centralidad de grado y el color de cada flecha indica el valor neto de esas interacciones (medida de centralidad de grado con signo).

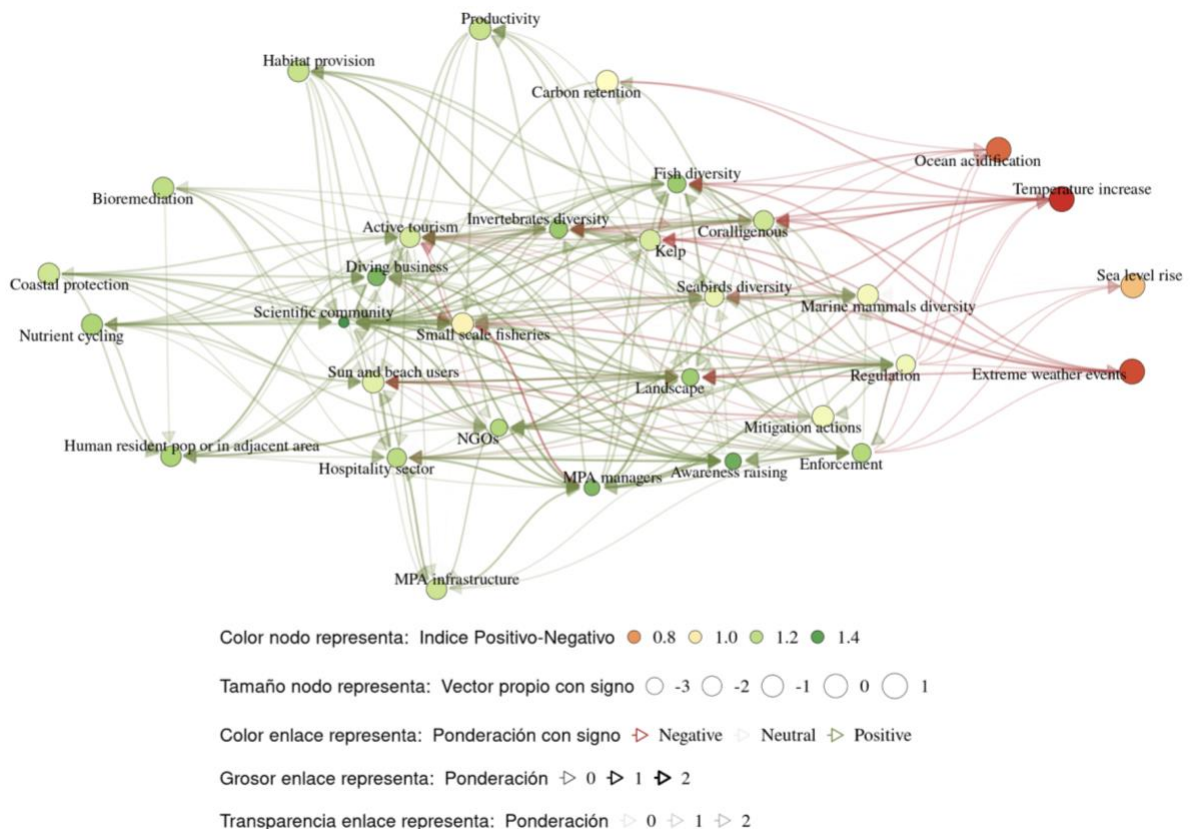


Figura 11. Grafo de relaciones socio–ecológicas del PNMT Islas Atlánticas de Galicia. Los nodos aparecen como círculos y sus vínculos como líneas. Se muestran los resultados de diferentes medidas de centralidad para los nodos y las aristas de la red (ver apartados de metodología y resultados). Ver Tabla A1 (Anexo) para una traducción de los términos en inglés.

En este sentido se observa que los nodos situados en el centro del grafo son aquellos que establecen más conexiones con el resto de los nodos de la red, es decir, presentan mayor medida de centralidad de grado. Estos nodos pertenecen en su mayoría a las categorías de componentes ecológicos, actores sociales y acciones de mejora. Sin embargo, no todos se comportan de la misma forma. Por ejemplo, si se tiene en cuenta el color y tamaño de estos, los nodos centrales, se observa que el de la comunidad científica, presenta un color verde intenso y un tamaño significativamente reducido en comparación con el resto. Es decir, la influencia que propaga es poca, aunque muy positiva. Otro ejemplo se localiza en el nodo de pescadores artesanales, que presenta un color amarillo pálido y tamaño grande, lo que indica que propaga mucho su influencia por la red, pero no de forma tan positiva como el anterior. Para los nodos de gestores del PNMT, empresas de buceo y acciones de sensibilización/concienciación y los asociados a la categoría de componentes ecológicos, se observa un comportamiento prácticamente homogéneo, propagando su influencia a lo largo de la red con carácter positivo.

En los márgenes de la red, en cambio, aparecen los nodos que menos conexiones establecen con otros nodos. En el margen izquierdo de la red, aparecen los nodos asociados a la categoría de funciones del ecosistema presentando un comportamiento similar entre ellos. En el margen derecho, están los nodos vinculados al cambio climático y aunque no parece haber diferencias con relación al tamaño de nodo, sí que las hay en relación con el tipo de influencia negativa que pueden ejercer sobre la red. Es decir, los nodos con influencia más negativa sobre la red del archipiélago de las Islas Cíes, son los nodos de incremento de temperatura y eventos meteorológicos extremos. A continuación, estaría el nodo de acidificación oceánica y finalmente, el de subida del nivel del mar. Siendo este último el que presenta un color más anaranjado.

De todas formas, para entender de manera correcta el funcionamiento de cada uno de los nodos que se han empleados para la elaboración de este grafo, a continuación, se van a explicar los resultados para cada una de las medidas de centralidad analizadas. Para ello se han seleccionado el top 5 en cada caso, es decir, los 5 primeros y los 5 últimos nodos representativos en cada medida.

Medida de centralidad de Grado

En la clasificación obtenida para la medida de centralidad de grado (Tabla 10), se puede observar que el bloque de los actores sociales es el que más relaciones establece dentro de la red, siendo el nodo de la comunidad científica el más conectado, con un total de 45 interacciones, seguido de los nodos de empresas de buceo, turismo activo y pescadores artesanales con un total de 44 interacciones. El tercer puesto lo ocupa el nodo de usuarios de playa con 40 interacciones totales a lo largo de la red mientras que, el nodo de las ONGs quedaría en cuarto lugar con 39 (Tabla 10). En este ranking aparece también el nodo de diversidad de invertebrados, asociado a la categoría de componentes ecológicos, como uno de los nodos más conectados en la red.

La clasificación que se muestra en la Tabla 11, indica los nodos que menos interacciones establecen a lo largo de la red. Siendo éstos los pertenecientes tanto al grupo de funciones ecosistémicas como al de cambio global, principalmente.

Tabla 10. Clasificación de los 5 nodos más importantes, basado en el número de relaciones totales, de la red del PNMT Islas Atlánticas de Galicia.

| Orden | Nodo | Grado |
|-------|---|-------|
| 1 | Comunidad científica | 45 |
| 2 | Empresas de buceo, Turismo activo, Pescadores artesanales | 44 |
| 3 | Usuarios de playas | 40 |
| 4 | ONGs | 39 |
| 5 | Diversidad de invertebrados | 38 |

Tabla 11. Clasificación con los 5 nodos menos importantes, basado en el número de relaciones totales, de la red del PNMT Islas Atlánticas de Galicia.

| Orden | Nodo | Grado |
|-------|---|-------|
| 1 | Productividad | 9 |
| 2 | Suministro de hábitat, Protección costera, Aumento del nivel del mar, Eventos meteorológicos extremos | 11 |
| 3 | Reciclado de nutrientes, Biorremediación, Acidificación oceánica, Incremento de temperatura | 12 |
| 4 | Almacenamiento de carbono | 13 |
| 5 | Infraestructuras AMP | 19 |

Analizando los resultados, se observa cómo, el nodo de productividad encabeza el ranking con 9 interacciones totales a lo largo de la red. A continuación, con un total de 11 interacciones, estarían los nodos de suministro de hábitat, protección costera, aumento del nivel del mar y eventos meteorológicos extremos (Tabla 11). El tercer puesto lo ocupan los nodos con 12 interacciones totales, siendo éstos, reciclado de nutrientes, biorremediación, acidificación oceánica e incremento de temperatura. El cuarto puesto estaría ocupado por el nodo de almacenamiento de Carbono con 13 interacciones. Finalmente, en último lugar, aparece el nodo de infraestructuras del PNMT con 19 interacciones (Tabla 11), que además de ser el que más interacciones establece para este listado, es el único que pertenece al grupo de las acciones de gestión.

Medida de centralidad de Grado con signo

En la Tabla 12 se observa que, dentro del grupo de actores sociales, el nodo de la comunidad científica es el que encabeza el ranking, presentando el mayor número de interacciones netas positivas (22). Las acciones de sensibilización/concienciación, pertenecientes al bloque de acciones de gestión, ocupan el segundo puesto en este ranking. Mientras que, en el tercer puesto, aparecen de nuevo nodos vinculados al grupo de actores sociales, siendo éstos, los de empresas de buceo y gestores del PNMT, con un resultado neto positivo de 17 interacciones.

En los últimos puestos de la clasificación aparecen los nodos de diversidad de invertebrados (15), diversidad de peces y paisaje (14), pertenecientes todos al grupo de componentes ecológicos y que ocuparían los lugares cuarto y quinto respectivamente.

Tabla 12. Clasificación de los 5 nodos que presentan más interacciones netas positivas de la red del PNMT Islas Atlánticas de Galicia.

| Orden | Nodo | Grado con signo |
|-------|-------------------------------------|-----------------|
| 1 | Comunidad científica | 22 |
| 2 | Sensibilización/concienciación | 18 |
| 3 | Empresas de buceo, Gestores del AMP | 17 |
| 4 | Diversidad de invertebrados | 15 |
| 5 | Diversidad de peces, Paisaje | 14 |

Los resultados obtenidos en la clasificación de la Tabla 13 indican que los nodos vinculados al cambio global son los que presentan un mayor número de interacciones netas negativas. Siendo el nodo de incremento de temperatura el que mayor número de interacciones netas negativas alcanza (−9), seguido del nodo de eventos meteorológicos extremos (−8), acidificación oceánica (−7) y aumento del nivel del mar (−3).

Tabla 13. Clasificación de los 9 nodos que presentan más interacciones netas negativas de la red del PNMT Islas Atlánticas de Galicia. Resaltados en **negrita** aparecen los 5 nodos con mayor influencia negativa no relacionados con las presiones de cambio climático.

| Orden | Nodo | Grado con signo |
|-------|--|-----------------|
| 1 | Incremento de temperatura | −9 |
| 2 | Eventos meteorológicos extremos | −8 |
| 3 | Acidificación oceánica | −7 |
| 4 | Aumento del nivel del mar | −3 |
| 5 | Almacenamiento de carbono | 2 |
| 6 | Diversidad de mamíferos marinos | 5 |
| 7 | Acciones de mitigación, Regulación | 6 |
| 8 | Pescadores artesanales, Diversidad de aves marinas, Kelp | 7 |
| 9 | Usuarios de playa, Protección costera, Infraestructuras AMP | 8 |

Sin embargo, al excluir de esta clasificación los componentes de cambio global, lo que se obtiene son interacciones netas positivas con valores muy bajos, como puede ser el caso del nodo de almacenamiento de carbono (2) o diversidad de mamíferos marinos (5) y valores ligeramente bajos como ocurre con los nodos de pescadores artesanales, diversidad de aves marinas y Kelp (7) o los de usuarios de playas, protección costera e infraestructuras del PNMT (8).

Medidas de centralidad de Vector propio con signo e índice positivo–negativo

Las Tablas 14 y 15 que, a priori, tienen un carácter complementario, indican qué nodos propagan una menor influencia negativa (Tabla 14) y qué nodos propagan mayor influencia positiva (Tabla 15) a través de la red. Es decir, los resultados deberían ser coincidentes en ambas tablas. Sin embargo, los resultados parecen indicar que esto solo ocurre para los nodos de comunidad científica, sensibilización/concienciación y gestores del PNMT.

Tabla 14. Clasificación de los 5 nodos con menor influencia negativa dentro de la red, basado en el vector propio con signo, del PNMT Islas Atlánticas de Galicia.

| Orden | Nodo | Vector propio con signo |
|-------|--------------------------------|-------------------------|
| 1 | Comunidad científica | -3.999 |
| 2 | Gestores del AMP | -3.301 |
| 3 | Sensibilización/concienciación | -3.11 |
| 4 | ONGs | -2.916 |
| 5 | Paisaje | -2.881 |

Tabla 15. Clasificación de los 5 nodos con mayor influencia positiva dentro de la red, basado en el índice positivo–negativo, del PNMT Islas Atlánticas de Galicia.

| Orden | Nodo | Índice positivo–negativo |
|-------|--------------------------------|--------------------------|
| 1 | Comunidad científica | 1.437 |
| 2 | Sensibilización/concienciación | 1.36 |
| 3 | Empresas de buceo | 1.36 |
| 4 | Gestores del AMP | 1.329 |
| 5 | Diversidad de invertebrados | 1.277 |

Ante esta situación, los resultados obtenidos para los nodos de ONGs, paisaje (Tabla 14), empresas de buceo y diversidad de invertebrados (Tabla 15) se analizaron más en profundidad. De esta forma, se pudo comprobar que los valores alcanzados en el índice positivo–negativo, por los nodos de ONGs y paisaje no se alejan demasiado de los alcanzados por el nodo de invertebrados siendo éstos, 1.23 para el primero y 1.269 para el segundo, lo que les haría ocupar los puestos 10 y 7 respectivamente en la clasificación de la Tabla 15.

De la misma manera se procedió para los nodos de empresas de buceo y diversidad de invertebrados, ausentes en la Tabla 14 pero presentes en la Tabla 15. En este caso, los valores que obtuvieron para la medida de centralidad del vector propio con signo fueron -2.708 para el nodo de empresas de buceo y -2.619 para el nodo de diversidad de invertebrados. Es decir, ocuparían los puestos 6 y 7 en la Tabla 14.

Al igual que ocurría con las Tablas 14 y 15, en las Tablas 16 y 17 la información se puede interpretar como complementaria. En este sentido, en la Tabla 16 se observa que los nodos pertenecientes a la categoría de cambio climático son los que más están propagando su influencia negativa por toda la red, principalmente los nodos de incremento de temperatura y de eventos meteorológicos extremos. Este resultado, es concordante con el obtenido para el índice positivo–negativo en los cuatro primeros casos (Tabla 17) donde son, los componentes de cambio global, quienes menos propagan su influencia positiva a través de la red. En la Tabla 16, también aparece el nodo de almacenamiento de carbono en quinta posición mientras que en la Tabla 17 aparece en sexta posición, precedido por el nodo de pescadores artesanales.

Tabla 16. Clasificación de los 5 nodos con mayor influencia negativa dentro de la red, basado en el vector propio con signo, del PNMT Islas Atlánticas de Galicia.

| Orden | Nodo | Vector propio con signo |
|-------|---------------------------------|-------------------------|
| 1 | Incremento de temperatura | 1 |
| 2 | Eventos meteorológicos extremos | 0.966 |
| 3 | Acidificación oceánica | 0.729 |
| 4 | Aumento del nivel del mar | 0.397 |
| 5 | Almacenamiento de carbono | -0.627 |

Tabla 17. Clasificación de los 9 nodos con menor influencia positiva dentro de la red, basado en el índice positivo–negativo, del PNMT Islas Atlánticas de Galicia. Resaltados en negrita aparecen los 5 nodos con mayor influencia negativa no relacionados con las presiones de cambio climático.

| Orden | Nodo | Índice positivo–negativo |
|-------|--|--------------------------|
| 1 | Incremento de temperatura | 0.648 |
| 2 | Eventos meteorológicos extremos | 0.683 |
| 3 | Acidificación oceánica | 0.727 |
| 4 | Aumento del nivel del mar | 0.881 |
| 5 | Pescadores artesanales | 1.017 |
| 6 | Almacenamiento de carbono | 1.038 |
| 7 | Acciones de mitigación | 1.069 |
| 8 | Diversidad de mamíferos marinos | 1.07 |
| 9 | Regulación | 1.076 |

Si se analiza más en profundidad el nodo de pescadores artesanales se observa que para la medida de centralidad de vector propio con signo, donde alcanza un valor de -0.889 , ocuparía el sexto puesto. Sin embargo, los resultados obtenidos para estos dos nodos no deben interpretarse como significativos, puesto que se trataría de valores relativamente alejados de los iniciales. Esta misma situación se ha visto reflejada en el nodo de acciones de mitigación el cual, con un valor de -0.975 para la medida de centralidad de vector propio con signo, ocuparía el séptimo lugar en la clasificación.

Finalmente, los nodos de diversidad de mamíferos y regulación no parecen ajustarse a esta situación puesto que para la medida de centralidad de vector propio con signo alcanzan valores más próximos a los obtenidos en la Tabla 14 que a los obtenidos en la Tabla 16, siendo estos -1.231 y -2.181 respectivamente.

Discusión para el caso de estudio PNMT Islas Atlánticas de Galicia

Los resultados que se pueden extraer en este estudio para el PNMT Islas Atlánticas de Galicia parecen indicar que se trata de un AMP fuertemente influenciada por la categoría de actores sociales. Por su parte, los nodos vinculados a la categoría de funciones del ecosistema parecen tener poca influencia en el AMP. Mientras que los nodos vinculados a la categoría de cambio global han resultado ser los que ejercen una clara influencia negativa.

El archipiélago de las Islas Cíes está incluido dentro del Parque Nacional de las Islas Atlánticas de Galicia, declarado en 2002 y cuya implantación se basó principalmente en la importancia del medio marino (PRUG). En él se puede encontrar, no solo una gran variedad de hábitats sino también una elevada diversidad de flora y fauna marina que han resultado claves a la hora de promover la conservación de este espacio. Por ejemplo, en las Islas Cíes, además de fondos rocosos, fondos de arena o fondos de cascajo también están presentes los fondos de maërl (Hábitat 1110 de la Directiva Europea). Otro ejemplo sería las colonias reproductoras de aves marinas que constituyen uno de los valores naturales más destacados del parque nacional, en base a las cuales las Islas Cíes han sido consideradas áreas de importancia para las aves (PRUG). Teniendo estos aspectos en consideración, parece lógico pensar que los nodos que ejercen una mayor influencia positiva sobre la red sean los pertenecientes a la comunidad científica, los gestores del PNMT, las ONGs y las acciones de sensibilización/ concienciación.

En las Islas Cíes, existen especies de invertebrados marinos con gran importancia socioeconómica para las poblaciones locales de su área de influencia como pulpos (*Octopus vulgaris*), sepias (*Sepia officinalis*), centollas (*Maja brachydactyla*), erizos de mar (*Paracentrotus lividus*) o nécoras (*Necora puber*) (Pascual Fernández et al. 2020). Estas especies son uno de los principales reclamos a la hora de practicar actividades subacuáticas en el PNMT (Fernández et al, 2020). De hecho, estas interacciones con los dos usos principales del archipiélago, el turista y el pesquero, son lo que han podido influir en el resultado obtenido para este nodo.

A través de la Figura 11 se ha podido comprobar que los nodos de turismo activo o empresas de buceo ejercen un efecto neto positivo sobre la red. Probablemente, al no ser actividades masificadas en el área y que contribuyen a la difusión de los valores naturales del archipiélago favorecen la percepción que se tiene sobre ellas. Sin embargo, en el análisis detallado de las medidas de centralidad, aunque ambas presentan un elevado número de interacciones con otros nodos (Tabla 10) el nodo de empresas de buceo ejerce mayor influencia positiva sobre la red que el de turismo activo. A través de las mesas de trabajo, se pudieron identificar conflictos en relación con la percepción que se tiene de la actividad de navegación (incluidas en el nodo de turismo activo) debido al impacto que generan sobre la biodiversidad marina pero también debido al solapamiento de usos en el espacio marino, principalmente con el sector pesquero. De hecho, el nodo de pescadores artesanales es el único de los nodos vinculado a la categoría de actores sociales, que parece ejercer cierta influencia negativa sobre la red. Sin embargo, este resultado debería vincularse principalmente a desacuerdos en la gestión actual de la actividad pesquera en el PNMT de las Islas Cíes.

Por su parte, el nodo de pescadores artesanales es el único que parece ejercer una influencia negativa sobre algunos nodos de la red. Sin embargo, esta influencia negativa deriva principalmente de desacuerdos entre sectores sobre la gestión actual del espacio marino de las Islas Cíes. Por ejemplo, el sector pesquero si reconoce la existencia de conflictos con el turismo náutico, indicando incluso, la necesidad de establecer una zonificación temporal o espacial entre actividades para disminuir esas interacciones. Por otro lado, los sectores más vinculados con la protección del medio ambiente manifiestan a la necesidad de reducir el impacto que generan algunas artes de pesca sobre los fondos marinos, la captura accidental de aves marinas e incluso de cetáceos planteando para ello, una zonificación del área y la

elaboración de planes de explotación ajustada a las particularidades del PNMT. En paralelo, los gestores del PNMT, manifestaban la necesidad de incrementar vías de comunicación con el sector pesquero que faciliten una cogestión de los recursos pesqueros puesto que, hoy en día la gestión del PNMT y de la actividad pesquera es llevada a cabo por administraciones diferentes.

En relación con el bajo efecto que generan sobre la red los nodos de la categoría de funciones del ecosistema, debe tenerse en cuenta, que para este estudio sólo se han tenido en cuenta interacciones directas, es decir, no se ha considerado el efecto que pueden generar estos nodos sobre alguno de los actores sociales ya que, en ocasiones son interacciones complicadas de relacionar, por ejemplo, el almacenamiento de carbono con empresas de buceo. Tampoco se han relacionado con componentes ecológicos por carecer de lógica.

En último lugar, los resultados obtenidos para los nodos de cambio climático indican que, incluso estableciendo únicamente relaciones directas con los componentes ecológicos, consiguen propagar su efecto negativo por toda la red. De todos ellos, el nodo que mayor impacto negativo ejerce sobre la red es el de incremento de temperatura. Se sabe que los cambios de temperatura detectados en la zona del archipiélago de las Islas Cíes en las últimas décadas originan que las especies tropicales y de latitudes templadas muestren incrementos en su abundancia, mientras que las especies de latitudes boreales tiendan a mantenerse en niveles más constantes, o incluso disminuyan su representatividad (Bañón, 2009). Mientras que el menor impacto negativo por parte de los componentes del cambio global es el de la subida del nivel del mar. Esto podría explicarse en base a que, para este estudio, las redes se han definido desde un punto de vista submareal, por lo que el efecto de las mareas puede que se haya visto reducido en los resultados.

Resultados para el caso de estudio RMIP Os Miñarzos (Lira)

La red de la RMIP Os Miñarzos (Lira) tiene 29 nodos y 418 interacciones. La distancia media entre nodos es de 0.10; la densidad de interacciones es de 0.51; la transitividad es de 0.83 y la cohesión de grupo es de 3. La categoría de componentes que tiene un mayor número de conexiones con el resto de los nodos de la RMIP Os Miñarzos son los actores sociales (289 conexiones) y los componentes ecológicos (288), seguidos por las acciones de gestión (112), las funciones del ecosistema (93), y los impactos del cambio global (54) (Figura 12).

La diversidad de invertebrados marinos resultó el nodo con más conexiones de esta red. Otros componentes ecológicos importantes para la red fueron el kelp (término que hace referencia a un grupo heterogéneo de macroalgas pardas), la diversidad de peces, de aves marinas, de hábitats, y finalmente la maragota, un pez con interés comercial y recreativo que juega un papel ecológico clave en los ecosistemas costeros de Galicia (Pita et al., 2018a; Pita y Freire, 2019) (Tabla 18).

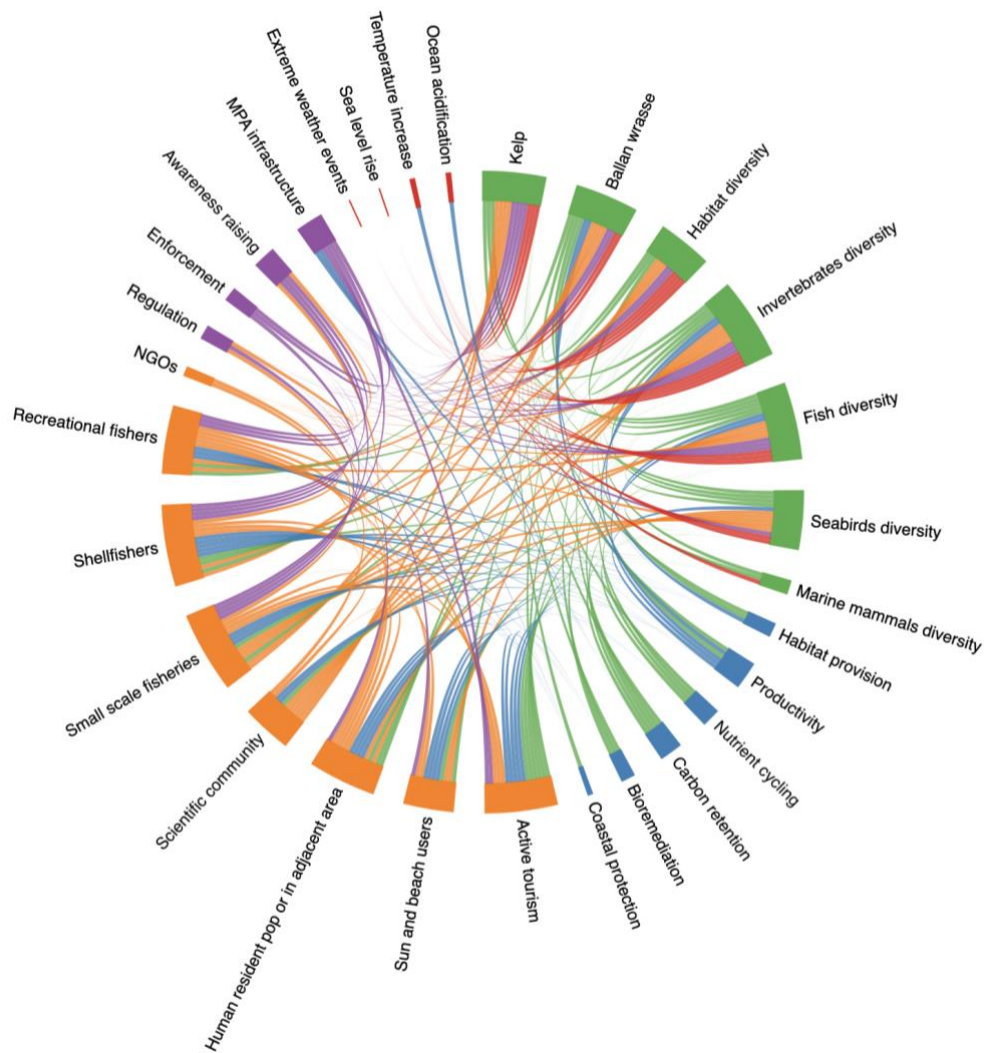


Figura 12. Red de relaciones entre los diferentes componentes de la RMIP Os Miñarzos (Lira). Se muestran los componentes ecológicos en verde, las funciones del ecosistema en azul, los actores sociales en naranja, las acciones de gestión en púrpura y los impactos del cambio global en rojo. El tamaño de las cajas representa la importancia de cada nodo en términos del número de conexiones. Ver Tabla A1 (Anexo) para una traducción de los términos en inglés.

Tabla 18. Clasificación de los 6 nodos más importantes, basado en el número de relaciones totales de la red de la RMIP Os Miñarzos (Lira).

| Orden | Nodo | Grado |
|-------|-----------------------------|-------|
| 1 | Diversidad de invertebrados | 45 |
| 2 | Diversidad de peces | 42 |
| 3 | Kelp | 42 |
| 4 | Turismo activo | 41 |
| 5 | Diversidad de aves marinas | 41 |
| 6 | Diversidad de hábitats | 41 |

Los actores sociales más relevantes fueron los practicantes de turismo activo, seguidos por los usuarios de las playas, la comunidad científica, los pescadores artesanales, la población residente, y los pescadores recreativos. Los nodos correspondientes a las mariscadoras y ONGs evidenciaron menos interacciones con el resto de los componentes de la red de Os Miñarzos (Tabla 18 y Tabla A2 –Anexo–).

Entre las acciones de gestión destacaron los nodos de sensibilización y de infraestructura del AMP sobre los nodos de regulación y de cumplimiento normativo. El reciclado de nutrientes, la biorremediación, la productividad, y la protección costera fueron los nodos relacionados con las funciones del ecosistema con mayor número de conexiones, mientras que el suministro de hábitats mostró una menor conectividad en la red. Finalmente, todos los nodos relativos a elementos relacionados con el cambio global mostraron un número similar de relaciones en la red (Tabla 18 y Tabla A2 –Anexo–).

Los nodos relacionados con el impacto del cambio global fueron los menos relevantes en función del número de conexiones con otros nodos de la red de Os Miñarzos (Tabla 19).

Tabla 19. Clasificación de los 5 nodos menos importantes, basado en el número de relaciones totales de la red de la RMIP Os Miñarzos (Lira).

| Orden | Nodo | Grado |
|-------|--------------------------------------|-------|
| 1 | Retención de carbono | 10 |
| 2 | Aumento del nivel del mar | 11 |
| 3 | Eventos meteorológicos extremos | 11 |
| 4 | Incremento de la temperatura del mar | 11 |
| 5 | Acidificación oceánica | 11 |

Las interacciones que los actores sociales establecieron con el resto de los componentes de la red de Os Miñarzos fueron en general positivas en comparación con la importancia relativa respecto del resto de componentes (95 interacciones positivas, después de restar las interacciones negativas). Los componentes ecológicos también evidenciaron en general relaciones de tipo positivo (76), al igual que las funciones del ecosistema (47), y las acciones de gestión (30). Por el contrario, los impactos del cambio global evidenciaron relaciones especialmente negativas con algunos de los componentes de la red (Figura 13).

En la red de Os Miñarzos, sólo los actores sociales, los componentes ecológicos, y los impactos del cambio global mostraron relaciones negativas con otros componentes. Así, con la excepción de la comunidad científica, el resto de los actores sociales evidenciaron algunas interacciones negativas: los pescadores recreativos evidenciaron relaciones negativas con las mariscadoras, con la regulación, y con el cumplimiento de las medidas; las mariscadoras, interactuaron negativamente con las maragotas y la diversidad de peces; los pescadores artesanales mostraron relaciones negativas con la diversidad de aves y de mamíferos marinos; y finalmente, tanto los usuarios de las playas como la población residente evidenciaron una relación negativa con la regulación (Figura 13).

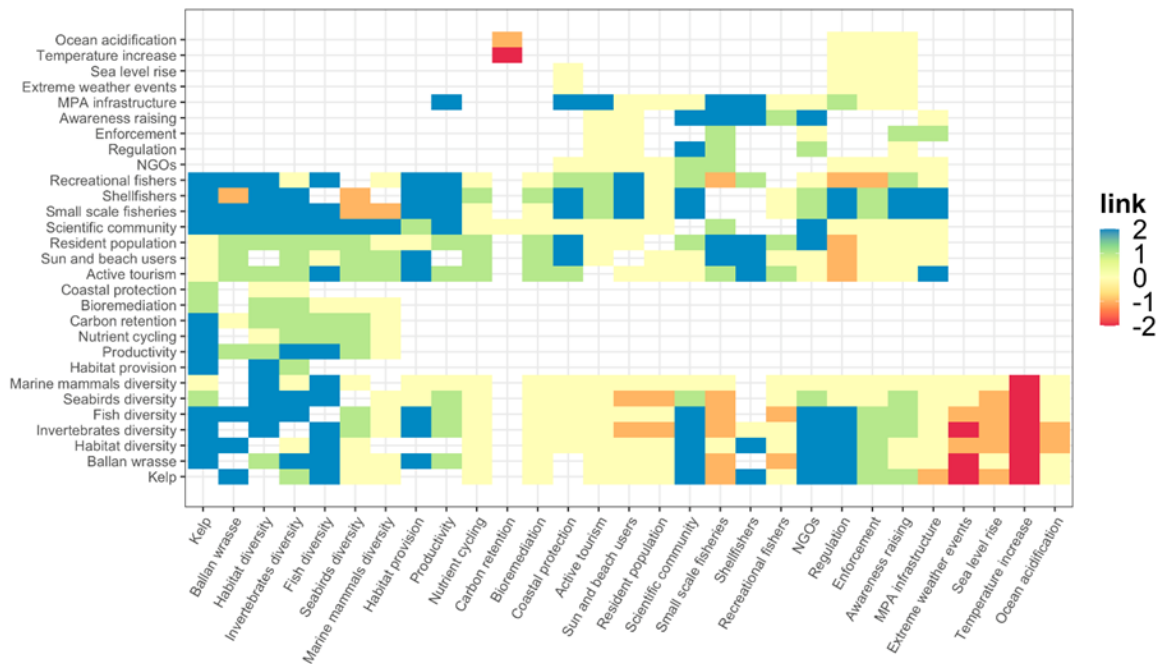


Figura 13. Mapa de calor mostrando los valores asignados a cada una de las interacciones entre nodos de la red de la RMIP Os Miñarzos (Lira). Los tonos cálidos representan interacciones negativas, y los azules interacciones positivas. Ver Tabla A1 (Anexo) para una traducción de los términos en inglés.

Los componentes ecológicos mostraron relaciones negativas con algunos de los componentes relacionados con los impactos del cambio global. Todos los componentes ecológicos evidenciaron relaciones especialmente negativas con el aumento del nivel del mar. Los eventos meteorológicos extremos también fueron en general negativos, especialmente para la diversidad de invertebrados, las maragotas y el kelp. Finalmente, de entre los impactos del cambio global, solo la acidificación oceánica y el incremento de la temperatura del mar mostraron una relación negativa con la retención de carbono (Figura 13).

Los actores sociales como la comunidad científica y las mariscadoras obtuvieron las valoraciones más altas (16). La diversidad de hábitats fue el componente ecológico con mayor impacto positivo (15), al igual que la productividad (13), entre los componentes relacionados con las funciones del ecosistema. Finalmente, la sensibilización fue la acción de gestión percibida de manera más positiva (10) (Tabla 20 y Tabla A3 –Anexo–).

Tabla 20. Clasificación de los 6 nodos más importantes en función de la relación entre valoraciones positiva y negativas incluidos en la red de la RMIP Os Miñarzos (Lira).

| Orden | Nodo | Grado con signo |
|-------|------------------------|-----------------|
| 1 | Comunidad científica | 16 |
| 2 | Mariscadores | 16 |
| 3 | Diversidad de hábitats | 15 |
| 4 | Turismo activo | 14 |
| 5 | Diversidad de peces | 14 |
| 6 | Kelp | 14 |

Por el contrario, las presiones del cambio global, y especialmente el incremento de la temperatura del mar (-8), fueron percibidas como especialmente negativas para la red de Os Miñarzos (Tabla 21).

Tabla 21. Clasificación de los 6 nodos menos importantes en función de la relación entre valoraciones positiva y negativa incluidos en la red de la RMIP Os Miñarzos (Lira).

| Orden | Nodo | Grado con signo |
|-------|--------------------------------------|-----------------|
| 1 | Incremento de la temperatura del mar | -8 |
| 2 | Eventos meteorológicos extremos | -5 |
| 3 | Aumento del nivel del mar | -5 |
| 4 | Acidificación oceánica | -3 |
| 5 | Retención de carbono | 3 |
| 6 | Diversidad de mamíferos marinos | 3 |

En la Figura 14 se muestran las relaciones entre los nodos de la red de Os Miñarzos en función de las medidas de centralidad ya comentadas en el apartado de metodología. Así, los impactos del cambio global fueron percibidos como los componentes con un mayor grado de propagación a través de la red. Por el contrario, los componentes ecológicos mostraron en general una menor tendencia a propagar su influencia a través de la red.

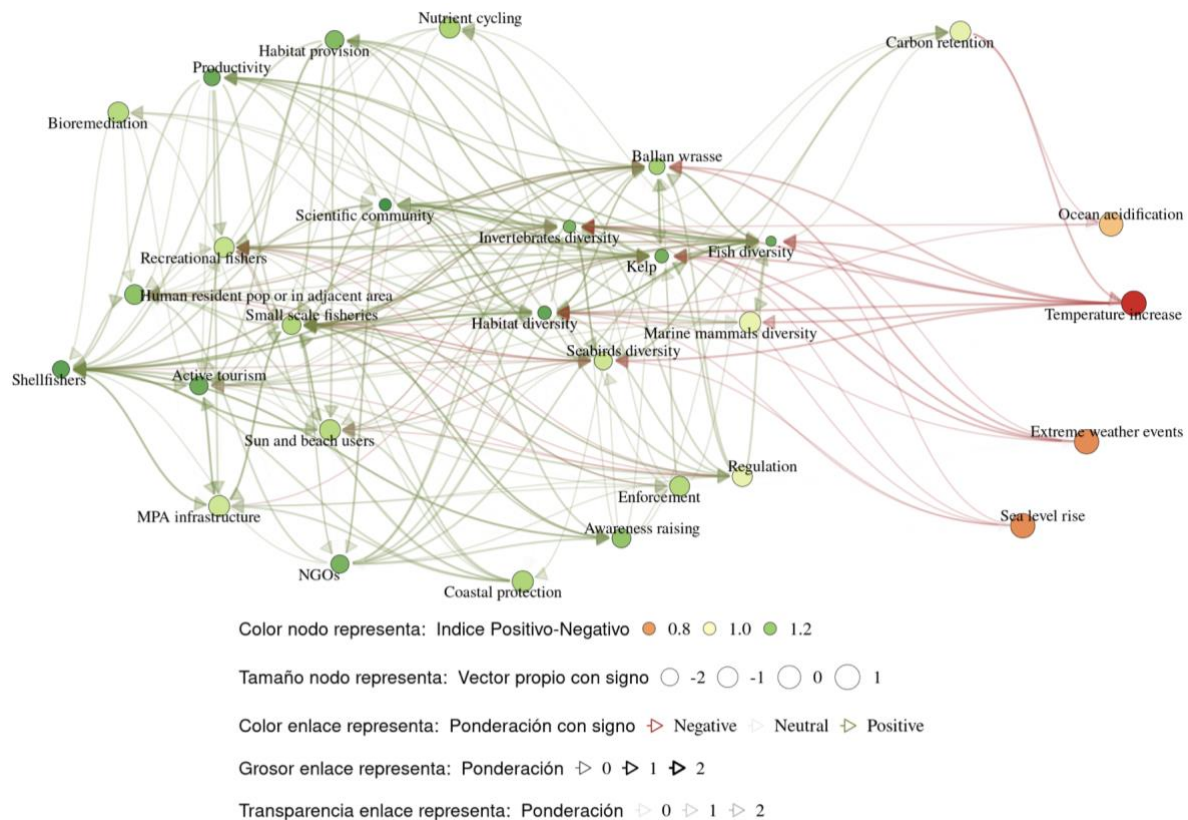


Figura 14. Grafo de relaciones socio-ecológicas en la RMIP Os Miñarzos (Lira). Los 29 nodos aparecen como círculos y sus vínculos como líneas. Se muestran los resultados de diferentes medidas de centralidad para los nodos y las aristas de la red (ver apartados de metodología y resultados). Ver Tabla A1 (Anexo) para una traducción de los términos en inglés.

Por otro lado, los componentes de la red que fueron considerados como más positivos para la RMIP fueron los actores sociales, seguidos por los componentes ecológicos. Las funciones del ecosistema y las acciones de gestión evidenciaron valores intermedios, mientras que como cabría esperar los impactos del cambio global obtuvieron la menor valoración.

El incremento de la temperatura del mar fue con diferencia el componente más influyente para la RMIP Os Miñarzos (obtuvo una valoración de 1 en el vector propio con signo; Tabla 22), y además fue percibido como el componente más negativo (índice de 0.7; Tabla 25).

Tabla 22. Clasificación de los 5 nodos más importantes en función del vector propio con signo en la red de la RMIP Os Miñarzos (Lira).

| Orden | Nodo | Vector propio con signo |
|-------|--------------------------------------|-------------------------|
| 1 | Incremento de la temperatura del mar | 1 |
| 2 | Eventos meteorológicos extremos | 0.806 |
| 3 | Aumento del nivel del mar | 0.776 |
| 4 | Acidificación oceánica | 0.382 |
| 5 | Diversidad de mamíferos marinos | -0.628 |

El resto de los impactos del cambio global también fueron muy influyentes y negativos para el AMP (Tablas 22 y 25). Por el contrario, los componentes ecológicos propagaron poco su influencia a través de la red (valoración media de -2.3, oscilando entre -3.0 y -0.6; Tabla 23 y Tabla A4 -Anexo-), pero obtuvieron valoraciones muy positivas para la RMIP de Os Miñarzos (índice medio de 1.2, oscilando entre 1.0 y 1.3; Tabla A5 -Anexo-).

Tabla 23. Clasificación de los 5 nodos menos importantes en función del vector propio con signo en la red de la RMIP Os Miñarzos (Lira).

| Orden | Nodo | Vector propio con signo |
|-------|-----------------------------|-------------------------|
| 1 | Diversidad de peces | -2.974 |
| 2 | Comunidad científica | -2.905 |
| 3 | Diversidad de invertebrados | -2.865 |
| 4 | Diversidad de hábitats | -2.765 |
| 5 | Kelp | -2.748 |

La comunidad científica (índice de 1.3) y las mariscadoras (1.3) fueron los componentes de la red que fueron percibidos de manera más positiva, seguidos por los componentes ecológicos relacionados con la diversidad de hábitats, y de peces (1.3, respectivamente). La productividad (1.3) también fue la función del ecosistema que fue mejor percibida, mientras que la sensibilización (1.2) destacó entre las acciones de gestión (Tabla 24 y Tabla A5 -Anexo-).

Tabla 24. Clasificación de los 5 nodos con menor influencia negativa de la red de la RMIP Os Miñarzos (Lira), en función del índice positivo–negativo en la red.

| Orden | Nodo | Índice positivo–negativo |
|-------|------------------------|--------------------------|
| 1 | Comunidad científica | 1.345 |
| 2 | Mariscadores | 1.307 |
| 3 | Diversidad de hábitats | 1.297 |
| 4 | Diversidad de peces | 1.287 |
| 5 | Productividad | 1.285 |

Además de los nodos relacionados con impactos del cambio global, la diversidad de mamíferos marinos también fue percibida como relativamente poco positiva para la RMIP de Os Miñarzos (Tabla 25).

Tabla 25. Clasificación de los 5 nodos con menor influencia positiva de la red de la RMIP Os Miñarzos (Lira), en función del índice positivo–negativo en la red.

| Orden | Nodo | Índice positivo–negativo |
|-------|--------------------------------------|--------------------------|
| 1 | Incremento de la temperatura del mar | 0.660 |
| 2 | Eventos meteorológicos extremos | 0.775 |
| 3 | Aumento del nivel del mar | 0.778 |
| 4 | Acidificación oceánica | 0.871 |
| 5 | Diversidad de mamíferos marinos | 1.048 |

Discusión para el caso de estudio RMIP Os Miñarzos (Lira)

El proceso local participativo de creación de la RMIP Os Miñarzos, mediado por científicos y ONGs, es probablemente la razón de que ambos colectivos hayan resultado muy relevantes para la definición de la red de la RMIP Os Miñarzos (Villasante et al. 2021). Adicionalmente, el proceso de creación y evolución posterior de la RMIP también explica que la sensibilización fuese percibida como el componente de intervención pública clave para este AMP (García–Allut y Seijo, 2010; García–Allut, 2015; Seijo–Villamizar, 2021).

Las aguas ricas en nutrientes dan lugar a una alta producción pesquera, junto con la presencia de numerosas aves marinas y limícolas y algunas comunidades de cetáceos. Esta circunstancia explica bien el hecho de que la productividad haya sido percibida como componente de función del ecosistema más relevante para la RMIP. Además, la definición de la RMIP Os Miñarzos como un espacio con especial relevancia pesquera y marisquera, influye en la percepción de la elevada importancia de las mariscadoras y pescadores artesanales para la red.

A pesar del número, relevancia y valoración positiva en general de las relaciones de los actores involucrados en la RMIP Os Miñarzos, caben destacar las relaciones negativas identificadas entre algunos de ellos que deben de entenderse debido a la competencia en el acceso al área y a algunos recursos, especialmente aquellos compartidos por diferentes usuarios. También algunas de las actividades fueron percibidas como relativamente negativas para los componentes ecológicos. Así, los pescadores artesanales afectaron

negativamente a aves y mamíferos debido a los impactos derivados de la pesca; las mariscadoras afectaron negativamente a las maragotas, probablemente debido a que el erizo recogido por ellos es una de las presas habituales de la maragota. Por su parte, los pescadores recreativos y mariscadores mantienen algunos conflictos derivados del acceso a las áreas donde pueden ser recogidos los poliquetos por parte de las mariscadoras y de los propios pescadores recreativos, lo que explicaría la interacción negativa evidenciada en la red. La exclusión de parte del colectivo (pescadores submarinos, y *de facto* los pescadores embarcados) explicaría su percepción negativa respecto de la normativa y de su cumplimiento (Pita y Villasante, 2019).

La red de creencias que apoya esta red se basa en la influencia positiva de mariscadores y pescadores artesanales sobre el entorno y la construcción de la RMIP, incluyendo la construcción de una identidad colectiva basada en buena medida en el conocimiento ecológico local de los pescadores (García–Allut et al., 2003; Villasante et al. 2021). De hecho, la relación se extiende a la pesca recreativa, que está inserta como un servicio de bienestar humano y la cual actúa como un motor activo de progreso en el área (Pita et al., 2022). El turismo activo también genera un factor de dinamización, no sólo por el turismo mariner, sino por otras actividades náuticas en el área de Os Miñarzos. Otros actores como los usuarios de playa evidenciaron una falta de sensibilidad hacia el entorno y valores colectivos de la RMIP.

Los componentes ecológicos, especialmente la diversidad de hábitats y de peces, también resultaron claves a nivel estructural para la RMIP, evidenciando un gran número de relaciones, en general positivas. En cambio, evidenciaron relaciones negativas con componentes del cambio global, especialmente con el incremento de la temperatura y del nivel del mar, y con los eventos meteorológicos extremos, que pueden afectar negativamente al marisqueo de bivalvos en el área, y al mantenimiento de las comunidades de kelp, claves para los ecosistemas de la RMIP (Pita et al., 2018a).

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO

El análisis comparativo de las tres áreas de estudio (PN Cabo de Gata – Níjar, PNMT Islas Atlánticas y RMIP Os Miñarzos) muestra que las tres redes son muy similares entre sí (Figura 15). Por ejemplo, siempre se comparten los componentes del cambio global al igual que los actores sociales como los usuarios de sol y playa, actividades ligadas al turismo, diversidad de peces o de invertebrados. Aunque todos estos elementos se comparten entre las tres redes, cada red tiene una estructura diferente.

En Os Miñarzos (Figura 15A) se observa que el nivel de conflicto es bajo, que la propagación de los efectos al resto de la red también es relativamente baja, lo que quiere decir que es una red que se comporta de forma muy homogénea. En cambio, en las otras dos redes (Figura 15B y 15C) se observa que hay mayor actividad en cuanto al índice positivo–negativo. Así, se pueden identificar nodos que son relativamente negativos en alguna relación con otros actores sociales como el caso de las ONGs en el Cabo de Gata – Níjar. O, por ejemplo, que

hay nodos que pueden propagar su influencia al resto de la red rápidamente como el de pescadores artesanales en el caso de las Islas Cíes.



Figura 15. Comparativa de las matrices de relaciones socio–ecológicas de las 3 áreas de estudio donde (A) corresponde a la RMIP Os Miñarzos (Lira), (B) corresponde al PN Cabo de Gata – Níjar (Almería) y (C) corresponde al archipiélago de las Islas Cíes (PNMT Islas Atlánticas de Galicia).

En base a los resultados obtenidos, se ha podido comprobar que los diferentes procesos de creación de un área marina protegida terminan influyendo en el funcionamiento de las mismas. Generalmente, cuando la implantación de un AMP es promovida desde la administración conlleva a que los usuarios desarrollen relaciones más negativas, como el caso de las Islas Cíes que, si esta creación del AMP se promueve desde los propios usuarios, como puede ser el caso de RMIP Os Miñarzos (Lira).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la invaluable colaboración de las siguientes asociaciones que facilitaron el trabajo de campo de este proyecto: Pescartes: Pescadores artesanales de la Reserva Marina de Cabo de Gata, Cofradía de Pescadores de Lira, Cofradía de pescadores San José de Cangas, Buceo Islas Cíes, Camping Islas Cíes, WWF, SEO BirdLife, IIM-CSIC, IEO, Universidade da Coruña, Universidade de Vigo, Parque Nacional Marítimo – Terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia.

REFERENCIAS

- Alexander, S.M., Armitage, D., Carrington, P.J., Bodin, Ö., 2017. Examining horizontal and vertical social ties to achieve social–ecological fit in an emerging marine reserve network. *Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst* 27, 1209–1223. <https://doi.org/10.1002/aqc.2775>
- Alonso Roldán, V., Villasante, S., Outeiro, L., 2015. Linking marine and terrestrial ecosystem services through governance social networks analysis in Central Patagonia (Argentina). *Ecosystem Services* 16, 390–402. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.02.010>
- Ballesteros, E., García Raso, J., Salas, C., Gofas, S., Moreno, D., Templado, J., 2004. La comunidad de *Cymodocea nodosa*: flora y fauna. *Praderas y Bosques Marinos de Andalucía*, Sevilla 146–153.
- Bañón, R., 2009. Variacións na diversidade e abundancia ictiolóxica mariña en Galicia por efectos do cambio climático., in: *Evidencias e impacto do Cambio Climático en Galicia*. Xunta de Galicia, Santiago Compostela, pp. 355–372.
- Barrat, A., Barthélemy, M., Pastor–Satorras, R., Vespignani, A., 2004. The architecture of complex weighted networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101, 3747–3752. <https://doi.org/10.1073/pnas.0400087101>
- Bennett, E.M., 2017. Research Frontiers in Ecosystem Service Science. *Ecosystems* 20, 31–37. <https://doi.org/10.1007/s10021-016-0049-0>
- Bonacich, P., Lloyd, P., 2004. Calculating status with negative relations. *Social Networks* 26, 331–338. <https://doi.org/10.1016/j.socnet.2004.08.007>
- Borgatti, S.P., Mehra, A., Brass, D.J., Labianca, G., 2009. Network Analysis in the Social Sciences. *Science* 323, 892–895. <https://doi.org/10.1126/science.1165821>
- Carrió, D.S., Homar, V., Jansa, A., Romero, R., Picornell, M.A., 2017. Tropicalization process of the 7 November 2014 Mediterranean cyclone: Numerical sensitivity study. *Atmospheric Research* 197, 300–312. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2017.07.018>
- Costanza, R., d’Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O’Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., van den Belt, M., 1997. The value of the world’s ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253–260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>
- Csardi, G., Nepusz, T., 2006. The igraph software package for complex network research. *InterJournal Complex Systems*, 1695.
- Everett, M.G., Borgatti, S.P., 2014. Networks containing negative ties. *Social Networks* 38, 111–120. <https://doi.org/10.1016/j.socnet.2014.03.005>
- Félix–Hackradt, F.C., Hackradt, C.W., Treviño–Otón, J., Pérez–Ruzafa, Á., García–Charton, J.A., 2018. Effect of marine protected areas on distinct fish life–history stages. *Marine Environmental Research* 140, 200–209. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2018.06.012>
- Fernández, E., Barañano, C., Alejo, I., Barreiro, R., Bellas, J., Besada, V., Calviño–Cancela, M., Cordero–Rivera, A., González, A., Méndez, G., Navarro, L., Piñeiro–Corbeira, C., Planas, M., Prego, R., Ramil, F., Saborido, F., Sánchez, J.M., Troncoso, J.S., A; Velando,

- A., Villasante, S. 2020. Islas Cíes: un ecosistema en la frontera. Ed. Concello de Vigo. Vigo. 240 pp. <https://digital.csic.es/handle/10261/230778>
- Fernández-Márquez, D., 2015. La reserva marina de interés pesquero “Os Miñarzos”: línea base de las comunidades biológicas y análisis del efecto reserva temprano (Ph.D.). Universidad de A Coruña, A Coruña.
- Fernández-Vidal, D., Muiño, R., 2014. Fact or fiction? Assessing governance and co-management of Marine Reserves of Fishing Interest in Cedeira and Lira (NW Spain). *Marine Policy* 47, 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2014.01.016>
- García Allut, A., Freire, J., Barreiro García, Á., and Losada Carril, D. E., 2003. ‘Methodology for integration of fisher’s ecological knowledge in fisheries biology and management using knowledge representation (artificial intelligence)’. In *Putting fishers’ knowledge to work*, eds. N. Haggan, C. Brignall, and L. Wood (Vancouver: Fisheries Centre Research Report, 11 (1), University of British Columbia), 227–237.
- García–Allut, A. and Seijo–Villamizar, J., 2010. ‘Deliberación e integración cultural en las comunidades pesqueras artesanales: el caso de RECOPADES (Red de Comunidades Pesqueras Artesanales por el Desarrollo Sostenible)’. En *Congreso Internacional: Actas del XIV Encuentro de Latinoamericanistas Españoles de Compostela*, 15–18 de septiembre de 2010, 2354–2370. <http://hdl.handle.net/10347/16414> (acceso 05 de Mayo de 2021). ISBN 978–84–9887–290–3.
- García–Allut, A., 2015. ‘Bases para unha actividade pesqueira sustentable’. En *Ecoloxía Política. Olladas desde Galicia*, editado por X. Ferreiro y X. Duro (Coord.), 105–122. Galicia: obencomún. ISBN: 978–84–606–5931–0.
- Gómez, S., 2019. Centrality in Networks: Finding the Most Important Nodes, in: Moscato, P., de Vries, N.J. (Eds.), *Business and Consumer Analytics: New Ideas*. Springer International Publishing, Cham, pp. 401–433. https://doi.org/10.1007/978-3-030-06222-4_8
- Haines–Young, R., Potschin, M., 2010. The links between biodiversity, ecosystem services and human well–being, in: Raffaelli, D.G., Frid, C.L.J. (Eds.), *Ecosystem Ecology*. Cambridge University Press, pp. 110–139. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511750458.007>
- Hogg, K., Semitiel–García, M., Noguera–Méndez, P., Antonio García–Charton, J., 2021. A governance analysis of Cabo de Palos–Islas Hormigas and Cabo de Gata–Níjar Marine Protected Areas, Spain. *Marine Policy* 127, 102944. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.10.035>
- IPBES. 2019. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Díaz S, Settele J, Brondízio ES, Ngo HT, Guèze M, Agard J, Arneth A, Balvanera P, Brauman KA, Butchart SHM, Chan KMA, Garibaldi LA, Ichii K, Liu J, Subramanian SM, Midgley GF, Miloslavich P, Molnár Z, Obura D, Pfaff A, Polasky S, Purvis A, Razzaque J, Reyers B, Chowdhury RR, Shin YJ, Visseren–Hamakers IJ, Willis KJ, Zayas CN (eds.). IPBES Secretariat, Bonn, Germany, 56 pp.
- Langle–Flores, A., Aguilar Rodríguez, A., Romero–Uribe, H., Ros–Cuéllar, J., Von Thaden, J.J., 2021. Multi–level social–ecological networks in a payments for ecosystem services programme in central Veracruz, Mexico. *Envir. Conserv.* 48, 41–47. <https://doi.org/10.1017/S0376892920000478>

- Lubell, M., Robins, G., Wang, P., 2014. Network structure and institutional complexity in an ecology of water management games. *Ecology and Society* 19.
- Marcos, C., Díaz, D., Fietz, K., Forcada, A., Ford, A., García–Charton, J.A., Goñi, R., Lenfant, P., Mallol, S., Mouillot, D., Pérez–Marcos, M., Puebla, O., Manel, S., Pérez–Ruzafa, A., 2021. Reviewing the Ecosystem Services, Societal Goods, and Benefits of Marine Protected Areas. *Front. Mar. Sci.* 8, 613819. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.613819>
- Pascual–Fernández, J. J., Florido–del–Corral, D., De la Cruz–Modino, R., and Villasante, S. (2020). “Small–scale fisheries in Spain: diversity and challenges,” in *Small–Scale Fisheries in Europe: Status, Resilience and Governance*. MARE Publication Series, Vol. 23, eds J. Pascual–Fernández, C. Pita, and M. Bavinck (Cham: Springer).
- Pedersen, T.L., 2021. *igraph: An implementation of grammar of graphics for graphs and networks (manual)*.
- Perez de Oliveira, L., 2013. Fishers as advocates of marine protected areas: a case study from Galicia (NW Spain). *Marine Policy* 41, 95–102. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2012.12.024>
- Pilosof, S., Porter, M.A., Pascual, M., Kéfi, S., 2017. The multilayer nature of ecological networks. *Nat Ecol Evol* 1, 0101. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0101>
- Pita, P., Ainsworth, G.B., Antelo, M., Gouveia, L., Martínez–Escarriaza, R., Tubío, A., Villasante, S., 2022. Economic contribution and social welfare of recreational charter boat fisheries in the northeast Atlantic: The cases of Galicia (Spain) and Madeira archipelago (Portugal). *Front. Mar. Sci.* 9, 939533. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.939533>
- Pita, P., Fernández–Márquez, D., Freire, J., 2018a. Spatiotemporal variation in the structure of reef fish and macroalgal assemblages in a north–east Atlantic kelp forest ecosystem: implications for the management of temperate rocky reefs. *Mar. Freshwater Res.* 69, 525. <https://doi.org/10.1071/MF17193>
- Pita, P., Villasante, S., 2019. The building of a management system for marine recreational fisheries in Galicia (NW Spain). *Ocean & Coastal Management* 169, 191–200. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.12.027>
- Pita, P., Villasante, S., Allut, A., 2018b. The role of marine stakeholders in the co–production of scientific knowledge: lessons from Galicia (NW Spain).
- R Core Team, 2021. *R: A language and environment for statistical computing (manual)*. Vienna, Austria.
- Seijo–Villamizar, J., 2021. ‘La Gobernanza y la educación ambiental como instrumentos para el fortalecimiento de la pesca artesanal: el caso de la Fundación Lonxanet’. Congreso Internacional SIPS 2021. XXXIII Seminario Interuniversitario de Pedagogía Social. Educación Ambiental y Cultura de la Sostenibilidad: construyendo la transición ecológica, 28–29 de octubre y 4–5 de noviembre de 2021 / Lugo (Galicia, España), 455–470. ISBN: 978–84–09–41832–9.
- Schoch, D., 2020. *signnet: An R package to analyze signed networks*.
- Scott, J., 1988. Social Network Analysis. *Sociology* 22, 109–127. <https://doi.org/10.1177/0038038588022001007>

Villasante, S., Tubío, A., Gianelli, I., Pita, P., García–Allut, A., 2021. Ever Changing Times: Sustainability Transformations of Galician Small–Scale Fisheries. *Front. Mar. Sci.* 8:712819. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.712819>

Zhang, X., Estoque, R.C., Xie, H., Murayama, Y., Ranagalage, M., 2019. Bibliometric analysis of highly cited articles on ecosystem services. *PLoS ONE* 14, e0210707. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210707>

ANEXO

Tabla A1. Nombres de las categorías y nodos en inglés y castellano.

| Nombre de la categoría en inglés | Nombre de la categoría en castellano | Nombre del nodo en inglés | Nombre del nodo en castellano |
|----------------------------------|--------------------------------------|--|--|
| Ecological component | Componente ecológico | Ballan wrasse | <i>Labrus bergylta</i> (Maragota) |
| | | Coralligenous | Coralígeno |
| | | <i>Cymodocea nodosa</i> | <i>Cymodocea nodosa</i> (Seba) |
| | | <i>Epinephelus marginatus</i> | <i>Epinephelus marginatus</i> (Mero) |
| | | Fish diversity | Diversidad de peces |
| | | Habitat diversity | Diversidad de hábitat |
| | | Invertebrates diversity | Diversidad de invertebrados |
| | | Kelp | Kelp |
| | | Marine mammals diversity | Diversidad de mamíferos marinos |
| | | <i>Posidonia oceanica</i> | <i>Posidonia oceanica</i> |
| | | Seabirds diversity | Diversidad de aves marinas |
| Ecosystem function | Función del ecosistema | Bioremediation | Biorremediación |
| | | Carbon retention | Retención de carbono |
| | | Carbon sequestration | Secuestro de carbono |
| | | Coastal protection | Protección de la costa |
| | | Habitat provision | Provisión de hábitat |
| | | Landscape | Paisaje |
| | | Nutrient cycling | Ciclado de nutrientes |
| | | Productivity | Productividad |
| Social actor | Actor social | Active tourism | Turismo de actividades |
| | | Diving business | Empresas/clubes de buceo |
| | | Hospitality sector | Sector hostelería y restauración |
| | | Human resident pop or in adjacent area | Población humana residente o en área de influencia |
| | | MPA managers | Gestores del AMP |
| | | NGOs | ONGs |
| | | Recreational fishers | Pescadores recreativos |
| | | Scientific community | Comunidad científica |
| | | Shellfishers | Mariscadoras |
| | | Small scale fisheries | Pesquerías de pequeña escala |
| Intervention | Intervención | Sun and beach users | Turismo de sol y playa |
| | | Awareness raising | Sensibilización |
| | | Enforcement | Aplicación de la ley |
| | | Mitigation actions | Acciones de mitigación |
| | | MPA infrastructure | Infraestructura del AMP |
| | | Regulation | Reglamentación |
| Global climate change pressure | Presión del cambio global | Extreme weather events | Eventos climáticos extremos |
| | | Ocean acidification | Acidificación oceánica |
| | | Sea level rise | Aumento del nivel del mar |
| | | Temperature increase | Incremento de la temperatura del mar |

Tabla A2. Clasificación de los nodos en función del número de relaciones totales de la red de la RMIP Os Miñarzos (Lira).

| Categoría | Nodo | Grado |
|----------------------------|--------------------------------------|-------|
| Componentes ecológicos | Diversidad de invertebrados | 45 |
| | Diversidad de peces | 42 |
| | Kelp | 42 |
| Actores sociales | Turismo activo | 41 |
| Componentes ecológicos | Diversidad de aves marinas | 41 |
| | Diversidad de hábitats | 41 |
| | Diversidad de mamíferos marinos | 40 |
| Actores sociales | Comunidad científica | 39 |
| | Pesca artesanal | 39 |
| | Usuarios de playas | 39 |
| | Población residente | 38 |
| Componentes ecológicos | Maragota | 37 |
| Actores sociales | Pescadores recreativos | 36 |
| Acciones de gestión | Infraestructura AMP | 30 |
| | Sensibilización | 30 |
| Actores sociales | Mariscadores | 29 |
| | ONGs | 28 |
| Acciones de gestión | Cumplimiento de las medidas | 26 |
| | Regulación | 26 |
| Funciones del ecosistema | Biorremediación | 20 |
| | Reciclado de nutrientes | 20 |
| | Productividad | 19 |
| | Protección costera | 19 |
| | Suministro de hábitats | 15 |
| Impactos del cambio global | Acidificación oceánica | 11 |
| | Aumento del nivel del mar | 11 |
| | Eventos meteorológicos extremos | 11 |
| | Incremento de la temperatura del mar | 11 |
| | Retención de carbono | 10 |

Tabla A3. Clasificación de los nodos en función de la relación entre valoraciones positivas y negativas incluidos en la red de la RMIP Os Miñarzos (Lira).

| Categoría | Nodo | Grado con signo |
|----------------------------|--------------------------------------|-----------------|
| Actores sociales | Comunidad científica | 16 |
| | Mariscadores | 16 |
| Componentes ecológicos | Diversidad de hábitats | 15 |
| Actores sociales | Turismo activo | 14 |
| Componentes ecológicos | Diversidad de peces | 14 |
| | Kelp | 14 |
| | Diversidad de invertebrados | 13 |
| Funciones del ecosistema | Productividad | 13 |
| Actores sociales | ONGs | 12 |
| | Población residente | 11 |
| Funciones del ecosistema | Suministro de hábitats | 11 |
| Acciones de gestión | Sensibilización | 10 |
| Actores sociales | Pesca artesanal | 10 |
| Componentes ecológicos | Maragota | 10 |
| Acciones de gestión | Cumplimiento de las medidas | 8 |
| Actores sociales | Pescadores recreativos | 8 |
| | Usuarios de playas | 8 |
| Funciones del ecosistema | Protección costera | 8 |
| | Reciclado de nutrientes | 8 |
| Componentes ecológicos | Diversidad de aves marinas | 7 |
| Funciones del ecosistema | Biorremediación | 7 |
| Acciones de gestión | Infraestructura AMP | 6 |
| | Regulación | 6 |
| Componentes ecológicos | Diversidad de mamíferos marinos | 3 |
| Impactos del cambio global | Retención de carbono | 3 |
| | Acidificación oceánica | -3 |
| | Aumento del nivel del mar | -5 |
| | Eventos meteorológicos extremos | -5 |
| | Incremento de la temperatura del mar | -8 |

Tabla A4. Clasificación de los nodos en función del vector propio con signo en la red de la RMIP Os Miñarzos (Lira).

| Categoría | Nodo | Vector propio con signo |
|----------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| Impactos del cambio global | Incremento de la temperatura del mar | 1 |
| | Eventos meteorológicos extremos | 0.806 |
| | Aumento del nivel del mar | 0.776 |
| | Acidificación oceánica | 0.382 |
| Componentes ecológicos | Diversidad de mamíferos marinos | -0.628 |
| Funciones del ecosistema | Protección costera | -0.72 |
| Acciones de gestión | Infraestructura AMP | -0.786 |
| Funciones del ecosistema | Biorremediación | -0.843 |
| Actores sociales | Usuarios de playas | -0.85 |
| Impactos del cambio global | Retención de carbono | -0.857 |
| Funciones del ecosistema | Reciclado de nutrientes | -0.963 |
| Acciones de gestión | Regulación | -1.144 |
| Actores sociales | Pescadores recreativos | -1.163 |
| Acciones de gestión | Cumplimiento de las medidas | -1.184 |
| Actores sociales | Población residente | -1.247 |
| | Sensibilización | -1.53 |
| | Suministro de hábitats | -1.584 |
| Actores sociales | Pesca artesanal | -1.59 |
| | Turismo activo | -1.753 |
| | ONGs | -1.796 |
| Componentes ecológicos | Diversidad de aves marinas | -1.814 |
| Actores sociales | Mariscadores | -2.082 |
| Funciones del ecosistema | Productividad | -2.179 |
| Componentes ecológicos | Maragota | -2.316 |
| | Kelp | -2.748 |
| | Diversidad de hábitats | -2.765 |
| | Diversidad de invertebrados | -2.865 |
| Actores sociales | Comunidad científica | -2.905 |
| Componentes ecológicos | Diversidad de peces | -2.974 |

Tabla A5. Clasificación de los nodos en función del índice positivo–negativo en la red de la RMIP Os Miñarzos (Lira).

| Categoría | Nodo | Índice positivo–negativo |
|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Actores sociales | Comunidad científica | 1.345 |
| | Mariscadores | 1.307 |
| Componentes ecológicos | Diversidad de hábitats | 1.297 |
| | Diversidad de peces | 1.287 |
| Funciones del ecosistema | Productividad | 1.285 |
| Actores sociales | Turismo activo | 1.283 |
| Componentes ecológicos | Kelp | 1.269 |
| Actores sociales | ONGs | 1.263 |
| Componentes ecológicos | Diversidad de invertebrados | 1.259 |
| Funciones del ecosistema | Suministro de hábitats | 1.244 |
| Actores sociales | Población residente | 1.226 |
| Acciones de gestión | Sensibilización | 1.219 |
| Componentes ecológicos | Maragota | 1.19 |
| Funciones del ecosistema | Reciclado de nutrientes | 1.177 |
| | Protección costera | 1.172 |
| Actores sociales | Pesca artesanal | 1.165 |
| Acciones de gestión | Cumplimiento de las medidas | 1.158 |
| Funciones del ecosistema | Biorremediación | 1.157 |
| Actores sociales | Usuarios de playas | 1.151 |
| | Pescadores recreativos | 1.126 |
| Componentes ecológicos | Diversidad de aves marinas | 1.106 |
| Acciones de gestión | Infraestructura AMP | 1.105 |
| Impactos del cambio global | Retención de carbono | 1.056 |
| Acciones de gestión | Regulación | 1.052 |
| Componentes ecológicos | Diversidad de mamíferos marinos | 1.048 |
| Impactos del cambio global | Acidificación oceánica | 0.871 |
| | Aumento del nivel del mar | 0.778 |
| | Eventos meteorológicos extremos | 0.775 |
| | Incremento de la temperatura del mar | 0.66 |