

# INTEGRACIÓN DE CONOCIMIENTOS TRADICIONALES E INNOVACIÓN DIGITAL: UN NUEVO PARADIGMA PARA LA PESCA ARTESANAL COSTERA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

*Data de submissão: 16/10/2023*

*Data de aceite: 01/11/2023*

### **John Josephraj Selvaraj**

Universidad Nacional de Colombia Sede  
Tumaco, Instituto de Estudios del Pacífico  
- Kilómetro 30-31, Cajapí Vía Nacional  
Tumaco-Pasto, Tumaco, 528514 Nariño -  
Colombia.  
<https://orcid.org/0000-0002-9195-4883>

### **Fabio Andrés Herrera-Rozo**

Universidad Nacional de Colombia Sede  
Tumaco, Instituto de Estudios del Pacífico  
- Kilómetro 30-31, Cajapí Vía Nacional  
Tumaco-Pasto, Tumaco, 528514 Nariño -  
Colombia.  
<https://orcid.org/0009-0006-4751-2224>

### **Maira Alejandra Miranda-Parra**

Universidad Nacional de Colombia Sede  
Tumaco, Instituto de Estudios del Pacífico  
- Kilómetro 30-31, Cajapí Vía Nacional  
Tumaco-Pasto, Tumaco, 528514 Nariño -  
Colombia.  
<https://orcid.org/0009-0001-2004-2262>

### **Maria Alejandra Cifuentes-Ossa**

Universidad Nacional de Colombia Sede  
Tumaco, Instituto de Estudios del Pacífico  
- Kilómetro 30-31, Cajapí Vía Nacional  
Tumaco-Pasto, Tumaco, 528514 Nariño -  
Colombia.  
<https://orcid.org/0000-0002-8826-5155>

**RESUMEN:** En respuesta al impulso mundial para que la ciencia reduzca la brecha digital y aborde las disparidades en Ciencia, Tecnología e Innovación (CTeI), Colombia ha iniciado la Política Nacional de Ciencia Abierta 2022-2031. Un avance notable de esta era digital es el reconocimiento de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como pivotes en la gestión, visualización y análisis de datos, influyendo así en la toma de decisiones informadas. En el ámbito de la pesca, se hace cada vez más hincapié en la integración de herramientas digitales y conocimientos científicos, con vista hacia la “pesca inteligente”. Este capítulo profundiza en la creación de la herramienta WebGIS “Geopesca Tumaco 2.0”, una plataforma de acceso abierto adaptada a las comunidades pesqueras artesanales de la costa del Pacífico Sur colombiano. El desarrollo de la herramienta se guió por una metodología de benchmarking que evaluó 39 geoportales y geovisores reconocidos en todo el mundo. La plataforma ofrece datos valiosos para estos hogares de pescadores, encapsulando la fusión del conocimiento tradicional y la innovación digital en ciencias biológicas.

**PALABRAS-CLAVE:** Empoderamiento, Innovación digital, Pesca artesanal

## INTEGRATING TRADITIONAL KNOWLEDGE AND DIGITAL INNOVATION: A NEW PARADIGM FOR COASTAL ARTISANAL FISHING IN BIOLOGICAL SCIENCES

**ABSTRACT:** In response to the global push for science to bridge the digital divide and address the disparities in Science, Technology, and Innovation (ST&I), Colombia has initiated the National Open Science Policy 2022-2031. A notable advancement of this digital age is the recognition of Geographic Information Systems (GIS) as pivotal in data management, visualization, and analysis, thereby influencing informed decision-making. Within the fisheries domain, there is an emerging emphasis on integrating digital tools and scientific expertise, steering towards an “intelligent fishery”. This chapter delves into the creation of the “Geopesca Tumaco 2.0” WebGIS tool, an open-access platform tailored for the artisanal fishing communities of the Colombian South Pacific coast. The tool’s development was guided by a benchmarking methodology that evaluated 39 geoportals and geoviewers recognized worldwide. The platform offers valuable data for these fishing households, encapsulating the fusion of traditional knowledge and digital innovation in biological sciences.

**KEYWORDS:** Empowerment, Digital innovation, Smart artisanal fisheries, Geoportals, Geopesca Tumaco 2.0.

### 1 | INTRODUCCIÓN

La Dirección General de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Alta Comisionada de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos, en octubre del año 2020 efectuaron una convocatoria de manera conjunta por la Ciencia abierta, refiriéndose puntualmente al Artículo 27 de la Declaración Universal de los Derechos Humanos, concibiendo este llamado como una medida inclusiva y colaborativa que busca en el contexto mundial, se propenda por asegurar que la ciencia beneficie a las personas por medio de las potencialidades del mundo digital y para reducir las brechas de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTel) que existen entre las naciones y al interior de estas. En Colombia, el ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación del año 2022, firmó la resolución por la cual se adopta la Política Nacional de Ciencia Abierta 2022-2031 que *“busca cerrar las brechas del conocimiento científico, tecnológico y de innovación en el país, además de una apertura de datos e información, para que los colombianos tengan acceso e incorporen las aspiraciones sociales en los procesos de investigación, convirtiendo los problemas en oportunidades de crecimiento y desarrollo”*.

De manera complementaria, la revolución digital ha cambiado la manera de ver el mundo, debido que la inmediatez con la que ésta ha provisto al mundo en el acceso a la información es instantánea. Sin embargo, no es suficiente contar con acceso rápido a los datos, también es necesario contar con un sistema que permita organizarlos, almacenarlos y analizarlos. Todo mecanismo de ordenación de información, se traduce en la necesidad

de crear metodologías y sistemas para la gestión de bases de datos que proporcionen fundamentos para la toma de decisiones eficientes para grupos sociales de diferente naturaleza como: gubernamentales, económicos, sociales, académicos, entre otros.

Como resultado de la era digital y de los procesos de ordenación de datos espaciales, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son reconocidos como una poderosa herramienta para estructurar, visualizar, gestionar y analizar bases de datos que aportan a la toma de decisiones (Fisher & Rahel, 2004). Dentro de los SIG, la fuente de datos más importante es la teledetección, que permite la captura de información de un objeto sin estar en contacto físico con él.

En Colombia, la aplicación de tecnologías geoespaciales ha permitido crear plataformas de SIG en el ámbito territorial, que adicional a la gestión de información, representan un mecanismo de apoyo para la ordenación, distribución y planeación de usos del territorio, que se traducen en el soporte de las dimensiones sociales, ambientales y económicas encaminadas hacia la sostenibilidad. Por ende, en las últimas décadas, los SIG han sido catalogados como una herramienta indispensable e imprescindible en la planificación estratégica y la toma de decisiones acertadas en diversas organizaciones.

Dentro de los SIG, una variedad de funcionalidades a administradores, proveedores de contenido (editores) y usuarios son colocadas a disposición a través de los geoportales y geovisores. Por su parte, un geoportal debe proporcionar la funcionalidad típica adecuada para cada uno de los tres roles: editor, administrador y usuario asociado a su uso. Integrado al geoportal, suelen encontrarse los geovisores y geoservicios que comprenden una función de la plataforma web que permite consultar o descargar información geográfica, visualizar análisis temáticos, guardar información de interés a la que se puede acceder por medio de los atributos del sistema, entre otras funciones operativas. Por tanto, se puede considerar que los geoportales y geovisores permiten generar información base para la toma de decisiones, con el fin de optimizar tiempo y recursos.

## **2 | LA PESCA ARTESANAL INTELIGENTE EN UNA CONTEXTO CLIMÁTICO CAMBIANTE**

La pesca que se desarrolla de tipo artesanal, constituye un oficio de vocación y arraigo cultural, para el sustento alimenticio y económico de gran parte de los hogares del litoral Pacífico de Colombia. Sin embargo, la falta de planificación y de gestión en el territorio resulta en condiciones difíciles y de falta de dignificación en la realización del oficio de aprovechamiento artesanal, que especialmente para el caso del Pacífico, se agrava en un entorno en situación de vulnerabilidad física y social (Climent-Gila, Aledo y Vallejos-Romero, 2018), que ha caracterizado históricamente al territorio y a sus habitantes.

Sumado a lo anterior, las regiones costeras son consideradas especialmente vulnerables a las consecuencias de la variabilidad y el cambio climático y, por tanto,

también lo son las actividades socioeconómicas que tienen lugar en estas áreas, que están directamente relacionadas con las comunidades que establecen sus medios de vida en torno a ellas. Al depender de los recursos hidrobiológicos que se obtienen de los océanos, una importante proporción de pescadores del Pacífico colombiano cuenta con un alto nivel de vulnerabilidad, debido principalmente al poco uso de tecnologías en la actividad pesquera y la autonomía de las embarcaciones, que aumentan su restricción de desplazamiento a los sitios de pesca ubicados cerca de la costa, además de la baja diversidad y sostenibilidad de los artes de pesca y la dependencia económica de esta actividad (Selvaraj *et al.*, 2022); como es el caso de la pesca marina en Tumaco (Gallardo-García *et al.*, 2018), siendo este un municipio costero con reconocida importancia por su contribución para el desarrollo de la actividad económica y de sustento en el Pacífico colombiano.

En este sentido, el sector pesquero artesanal, viene enfrentando dificultades de diversa índole que han generado baja productividad, rentabilidad y sostenibilidad de la actividad afectando a su vez todos los aspectos relacionados con la seguridad alimentaria, incluyendo el acceso a la alimentación, la utilización y disponibilidad de recursos y la estabilidad de los precios en el mercado local, regional y nacional. Con el agravante que, la redistribución del potencial de captura en las pesquerías marinas hacia latitudes altas y a mayores profundidades, plantea el riesgo de reducción de suministros, disminuciones en la ganancia y fuente de empleo, con potenciales implicaciones en la seguridad alimentaria (IPCC, 2014) y estableciendo brechas aún más evidentes entre el aprovechamiento artesanal e industrializado en el país.

Pese a la importancia de la pesca artesanal en el contexto del Pacífico colombiano, como fuente de sustento, empleo y provisión de proteína para la alimentación de los hogares, los pescadores artesanales suelen contar con menor capacidad instalada y adquirida, además de baja inversión; por lo que típicamente desarrollan su trabajo de manera empírica y tradicional. El acceso a herramientas, instrumentos e información se ha visto limitada y restringida para las comunidades que ejercen la pesca artesanal como medio de vida; considerando por ejemplo que la gestión de la información derivada del desarrollo de estudios no suele ser colocada a su disposición. En este sentido, el uso de herramientas de información geográfica se posiciona como un mecanismo que aporta a la adecuada gestión y aprovechamiento de los recursos pesqueros. En el contexto de la pesca mundial, ha surgido la necesidad de intervención de la capacidad informática y científica en los estudios y aplicaciones del sector, todo ello tendiente a la visión de la pesquería inteligente.

La aplicación del concepto de pesca inteligente involucra diferentes disciplinas, entre ellas la oceanografía pesquera operacional, que proporciona rutinariamente datos observacionales y modelados de alta calidad para aplicaciones prácticas (Pinardi & Coppini, 2010), la ciencia de datos, la inteligencia artificial y la informática. Estas aplicaciones incluyen, entre otros aspectos, la provisión de servicios que aumentan la

selectividad y disminuyen el esfuerzo pesquero, basándose en el conocimiento de las dinámicas biológicas, climáticas y oceanográficas. En este sentido, cuando se habla de empoderamiento a nivel comunitario hacia la pesca inteligente en el litoral sur del Pacífico colombiano, se busca potenciar mediante la acción colectiva de los conformantes de la comunidad objetivo, el incremento de la capacidad de reconocimiento, acción y decisión para aportar a la asociatividad y el incremento de la calidad de vida, desde la inclusión de información científica y del conocimiento del entorno para los procesos de toma de decisiones. Se incentiva mediante el aprendizaje participativo, autónomo, pero también integrador que busca fomentar las habilidades y capacidades individuales y colectivas.

### 3 I GEOVISUALIZACIÓN MARÍTIMA Y AMBIENTAL EN COLOMBIA

Al desglosar la palabra geovisualización, el concepto de visualización hace referencia a la transmisión de información y conocimiento a través de imágenes interactivas que refieren información con carácter geográfico (Ojeda-Zújar, 2010). El intenso desarrollo de los sistemas y aplicaciones de geovisualización ha facilitado el acceso y la difusión de la información geográfica en la web, incrementando la interoperabilidad y permitiendo la combinación de datos y servicios mediante el uso de estándares de desarrollo (Álvarez *et al.*, 2017).

Sin embargo, la geovisualización de la información y la disponibilidad de esta, dependerá en gran medida de la fuente de datos, si es de carácter público o privado, y la legislación de cada estado que reglamenta su distribución. En Colombia, la Ley 1712 de 2014 “*Por medio del cual se crea la ley de transparencia y del derecho de acceso a la información pública nacional*” tiene por objeto la regulación del acceso a la información pública, los procedimientos para el ejercicio y garantía del derecho y las excepciones a la publicidad de información. En esta misma Ley se disponen los principios que rigen la transparencia y acceso a información pública con una adopción razonable y proporcional a las necesidades de la comunidad a la que va dirigida.

Basar los procesos de estructuración y desarrollo de geoportales en lo mencionado anteriormente, posibilita la creación de una base sólida y precisa respecto a la autenticidad de los datos que se compartirán con el público. Esto se torna más relevante cuando se trata de poblaciones específicas, como los pescadores artesanales del Pacífico colombiano, quienes enfrentan desafíos considerables en cuanto a la accesibilidad y el uso de la información. Estos desafíos pueden estar relacionados con la conectividad limitada, la poca o nula interacción con herramientas tecnológicas e incluso el escaso conocimiento de uso de equipos como computadores portátiles, tablets, entre otros.

Si bien se podría decir que la geovisualización no es una herramienta determinante para el desarrollo de faenas de pesca por parte de los pescadores artesanales, considerando que ellos a lo largo de su vida han desarrollado sus faenas sin ayudas tecnológicas y

basados en sus conocimientos empíricos; estudios como el desarrollado por Selvaraj *et al*, 2022, muestra que unas de las principales alternativas de adaptación al cambio climático para las poblaciones costeras corresponden a (1) “Modelo de pronósticos de pesquerías pelágicas frente a diversos escenarios de cambio climático”, (2) “Fortalecimiento de la capacidad para la plena utilización de especies comercialmente claves” y (3) “Desarrollo de una base de datos y su respectivo entorno SIG para el manejo de la información del sector pesquero en la región”, como estrategias que pueden incidir en la reducción de gastos económicos, disminución de la vulnerabilidad, de costos de inversión, de conflictos sociales, creación de oportunidades de generación de empleo y mejora de las condiciones ambientales. Este hallazgo es importante puesto que demuestra que las herramientas son necesarias para mejorar el nivel de conocimiento y la adaptación de la población no solo a las dinámicas del cambio climático, sino también a los continuos avances tecnológicos locales y mundiales.

La visualización en Colombia por medio de geoportales o geovisores, ha tenido avances importantes en las últimas décadas, tanto para información marítima como terrestre, como los ejemplos que se presentan en la Tabla 1; posibilitando el fortalecimiento en la toma de decisiones de los sectores académicos, económicos, sociales y ambientales del territorio.

Nombre	Entidad	Temática	URL
Geovisor de Servicios Web Geográficos, Geoportal DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)	Integra información estadística nacional relacionados con economía, sociedad y territorio	<a href="https://geoportal.dane.gov.co/geovisores/territorio/servicios-web-geograficos/?cod=049">https://geoportal.dane.gov.co/geovisores/territorio/servicios-web-geograficos/?cod=049</a>
Agencia Nacional de Minería, ANNA Minería	Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA)	Permite visualizar capas geográficas de la Agencia Nacional de Minería y realizar consultas geográficas, mediciones y análisis básicos	<a href="https://annamineria.anm.gov.co/Html5Viewer/index.html?viewer=SIGMExt&amp;locale=es-CO&amp;appAcronym=sigm">https://annamineria.anm.gov.co/Html5Viewer/index.html?viewer=SIGMExt&amp;locale=es-CO&amp;appAcronym=sigm</a>
Sistema de Información Ambiental Marina (SIAM), Geovisor SIAM	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés (INVEMAR)	Sistema de información geográfica de consulta y visualización de la cartografía marina y costera existente de Colombia a diferentes escalas	<a href="http://buritaca.invemar.org.co/geovisorsiam/">http://buritaca.invemar.org.co/geovisorsiam/</a>
Visor geográfico Caladeros de Pesca, Identificación, ubicación y extensión de caladeros de pesca artesanal e industrial en el territorio marino-costero de Colombia	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés (INVEMAR) y Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH)	Información censal de los lugares donde se ejerce la pesca principalmente la de tipo artesanal	<a href="https://invemar.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=1d493d99a9a2459ca-9a2bdc4b52e7401">https://invemar.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=1d493d99a9a2459ca-9a2bdc4b52e7401</a>

Geoportal IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	Portal de descarga de datos abiertos geográficos oficiales producidos por el IDEAM	<a href="http://www.ideam.gov.co/geoportal">http://www.ideam.gov.co/geoportal</a>
Colombia OT	Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)	Sistema que centraliza toda la información de Ordenamiento Territorial (OT) del país, para así, contribuir a una eficiente y oportuna toma de decisiones en los ámbitos nacional, regional o local	<a href="https://www.colombiaot.gov.co/pot/">https://www.colombiaot.gov.co/pot/</a>

Tabla 1. Casos de Geovisores/Geoportales disponibles en la web para el uso público en Colombia.

## 4 | ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE INNOVACIÓN DIGITAL PARA EL SECTOR PESQUERO ARTESANAL

La amplia variedad de herramientas informáticas disponibles en la web brinda innumerables posibilidades para la toma de decisiones en la gestión de información ambiental, social y económica a nivel global y nacional. No obstante, al planificar la creación de un geoportal y un geovisor destinado a un sector específico, es esencial delimitar la información y definir con precisión las necesidades de la población beneficiaria.

Por lo tanto, con el objetivo de potenciar la pesca artesanal a través de herramientas tecnológicas como las plataformas de geovisualización, se llevó a cabo una exhaustiva investigación de casos reales para obtener un análisis comparativo (benchmarking). Este análisis sirvió de guía en el proceso de desarrollo de una plataforma interactiva, didáctica, sencilla y eficaz; y fue desarrollado mediante las siguientes etapas:

### 4.1 Investigación sobre los visores existentes por medio de búsquedas relacionadas

Utilizando un navegador web y el motor de búsqueda de Google ([www.google.com](http://www.google.com)), se consultaron los siguientes términos: oceanografía, oceanographics, web viewer, geoportal, visor, mapas interactivos, capturas, desembarcos, geovisor, biota costera, cambio climático, información ambiental marina, geoinformación, biodiversidad marina, pesquería, base de datos, geoservicios, WMS (Web Map Service), WFS (Web Feature Service), geoserver, OGC (Open Geospatial Consortium), SIG, WebGIS, costa, pescadores, fishery, marine. Estos términos también se combinaron utilizando los operadores lógicos 'AND' y 'OR' en la respectiva búsqueda. Adicionalmente fueron añadidos filtros temporales para discriminar los resultados obtenidos en las consultas de los enlaces más relevantes del último año. Un total de 39 direcciones web fueron consolidadas en una matriz que contiene los resultados de las búsquedas (Tabla 2).

Geoportales/ Geovisores	Nombre; Institución/Desarrollador	URL
1	Visor del Parque Nacional del Archipiélago de Cabrera; Instituto Español de Oceanografía	<a href="http://www.ideo-cabrera.ideo.es">http://www.ideo-cabrera.ideo.es</a>
2	Geoportal do Mar Português; Direção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos, República Portuguesa	<a href="https://www.dgrm.mm.gov.pt/geoportal">https://www.dgrm.mm.gov.pt/geoportal</a>
3	The European Marine Observation and Data Network (EMODnet Map Viewer); European Commission	<a href="https://www.emodnet-humanactivities.eu/view-data.php">https://www.emodnet-humanactivities.eu/view-data.php</a>
4	MarineTraffic: Global Ship Tracking Intelligence; Dimitris Lekkas	<a href="https://www.marinetraffic.com">https://www.marinetraffic.com</a>
5	Geoportal for the Alboran Sea; Centre for Mediterranean Cooperation of the International Union for Conservation of Nature	<a href="http://www.iucn-geoportalboran.org/">http://www.iucn-geoportalboran.org/</a>
6	NOAA nowCOAST; NOAA/NOS/OCS	<a href="https://nowcoast.noaa.gov/">https://nowcoast.noaa.gov/</a>
7	CCLME ECO-GIS Viewer; UNESCO/IOC/IEO/Cooperación Española	<a href="http://www.ideo-cclme.ideo.es/">http://www.ideo-cclme.ideo.es/</a>
8	Marine Protected Areas; ProtectedPlanet 2014-2023	<a href="https://www.protectedplanet.net/en/thematic-areas/marine-protected-areas">https://www.protectedplanet.net/en/thematic-areas/marine-protected-areas</a>
9	Temperatura del Mar - Chonos. Sistema de información oceanográfica, costa de Chile; Centro de Investigación en Sistemas Costeros de la Patagonia	<a href="http://chonos.ifop.cl/roms/">http://chonos.ifop.cl/roms/</a>
10	SIPSEM; Dirección General Marítima, Autoridad Marítima de Colombia	<a href="https://meteorologia.dimar.mil.co/">https://meteorologia.dimar.mil.co/</a>
11	Zonas Inundadas por Ascenso del Nivel Medio del Mar, Cartagena - Bolívar; Dirección General Marítima - Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe	<a href="https://dimar.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/af9f37165b3c4f47857a5b5e7b1f6b4d">https://dimar.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/af9f37165b3c4f47857a5b5e7b1f6b4d</a>
12	Catálogo de cartas náuticas de Colombia; Dirección General Marítima, Autoridad Marítima de Colombia	<a href="https://dimar.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=0e5fd8be4fa-84ac7bf81ffbb3898983b">https://dimar.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=0e5fd8be4fa-84ac7bf81ffbb3898983b</a>
13	Sistema de información Ambiental Marina de Colombia (SIAM); Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés (INVEMAR)	<a href="http://buritaca.invemar.org.co/geovisorsiam/">http://buritaca.invemar.org.co/geovisorsiam/</a>
14	Zonificación de playas; Dirección General Marítima, Autoridad Marítima de Colombia	<a href="https://dimar.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=691969e7f-3f74b9e9d290df0b2b1832d">https://dimar.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=691969e7f-3f74b9e9d290df0b2b1832d</a>



15	Red de Medición de Parámetros Oceanográficos y Meteorología Marina (REDMPOMM); Dirección General Marítima, Autoridad Marítima de Colombia	<a href="https://dimar.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/48d2c76148a-f428789abae6b3a8789de">https://dimar.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/48d2c76148a-f428789abae6b3a8789de</a>
16	Arribos Internacionales - Sistema Integrado de Tráfico y Transporte Marítimo (SITMAR); Dirección General Marítima, Autoridad Marítima de Colombia	<a href="https://experience.arcgis.com/experience/8d4226680fb647f9b39f2f72d54e3fe1/page/page_0/">https://experience.arcgis.com/experience/8d4226680fb647f9b39f2f72d54e3fe1/page/page_0/</a>
17	Pastos marinos y macroalgas en la zona costera de la Península de Yucatán; Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)	<a href="https://conabio.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/7060f7ef28004a3e8f93f0470ccb5ce0">https://conabio.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/7060f7ef28004a3e8f93f0470ccb5ce0</a>
18	Atlas de naturaleza y sociedad; Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)	<a href="https://www.biodiversidad.gob.mx/atlas/">https://www.biodiversidad.gob.mx/atlas/</a>
19	Instituto Español de Oceanografía - Información Marina; Instituto Español de Oceanografía	<a href="http://www.ideo-base.ieo.es/Home">http://www.ideo-base.ieo.es/Home</a>
20	Herramienta Geoespacial Geoportal WebGIS de AMAre; European Topic Centre - University of Malaga	<a href="https://biodiversity.uma.es/mbpctoolscatalogue/es/herramientas/geoportal-webgis-de-amare/">https://biodiversity.uma.es/mbpctoolscatalogue/es/herramientas/geoportal-webgis-de-amare/</a>
21	Biological and Chemical Oceanography Data Management Office - MapServer Geospatial Interface; International Oceanographic Data and Information Exchange (IODE)	<a href="http://mapservice.bco-dmo.org/mapserver/maps-ol/index.php">http://mapservice.bco-dmo.org/mapserver/maps-ol/index.php</a>
22	GEBCO 2020 Gridded Bathymetry Data Download; The General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO)	<a href="https://download.gebco.net/">https://download.gebco.net/</a>
23	The Marine Data Portal; German Marine Research Alliance (Deutsche Allianz Meeresforschung (DAM))	<a href="https://marine-data.de/?site=viewer">https://marine-data.de/?site=viewer</a>
24	maps@awi; Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung	<a href="https://maps.awi.de/awimaps/catalog/">https://maps.awi.de/awimaps/catalog/</a>
25	Additional Satellite Information. GIS Viewer 1.0; Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung	<a href="https://maps.awi.de/awimaps/projects/public/?cu=chl_a_water_column_satellite#mapcontent">https://maps.awi.de/awimaps/projects/public/?cu=chl_a_water_column_satellite#mapcontent</a>
26	UTM CSIC Oceanographic cruise & data catalog; Marine Technology Unit, UTM-CSIC	<a href="http://data.utm.csic.es/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/search?resultType=details&amp;sortBy=changeDate&amp;from=1&amp;to=20">http://data.utm.csic.es/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/search?resultType=details&amp;sortBy=changeDate&amp;from=1&amp;to=20</a>
27	REDMIC - Repositorio de Datos Marinos Integrados de Canarias; Fundación Observatorio Ambiental Granadilla, Islas Canarias	<a href="https://redmic.es/atlas">https://redmic.es/atlas</a>

28	Herramienta de Pilotaje del Litoral Canario (HPL); Gobierno de Canarias	<a href="https://www.pilotajelitoralcanario.es/">https://www.pilotajelitoralcanario.es/</a>
29	SISTEMA DE INFORMACIÓN TERRITORIAL DE CANARIAS - IDECanarias; Gobierno de Canarias	<a href="https://visor.grafcan.es/visorweb/">https://visor.grafcan.es/visorweb/</a>
30	Geo Portal y Visor de Cartografía Marina, Plataformas de conocimiento para el medio rural y pesquero; Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Gobierno de España	<a href="https://sig.mapama.gob.es/geoportal/">https://sig.mapama.gob.es/geoportal/</a> <a href="https://sig.mapama.gob.es/marino/">https://sig.mapama.gob.es/marino/</a>
31	Mapas y Geoservicios; Sistema de Información Ambiental Marina (SIAM), Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés (INVEMAR)	<a href="https://siam.inveemar.org.co/informacion-geografica">https://siam.inveemar.org.co/informacion-geografica</a>
32	SPINCAM 1.0 – Red de Información y datos del Pacífico Sur para el apoyo a la Gestión Integrada del Área Costera; Gobierno de Perú	<a href="http://geoservidorperu.minam.gob.pe/spincam">http://geoservidorperu.minam.gob.pe/spincam</a>
33	Geoportal de Fundación MarViva; Fundación MarViva	<a href="https://fundacionmarviva.maps.arcgis.com/home/index.html">https://fundacionmarviva.maps.arcgis.com/home/index.html</a>
34	IMPACT WebGIS – Impact of Ports on marine protected areas: Cooperative Cross-Border Actions; CNR-ISMAR; CIBM; Consorzio LAMMA, IFREMER, ISPRA, LECOB-CNRS, Regione Toscana, Université de Toulon	<a href="http://impact-maritime.eu/en/webgis/">http://impact-maritime.eu/en/webgis/</a>
35	Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada del Ecuador; Gobierno de Ecuador	<a href="https://www.inocar.mil.ec">https://www.inocar.mil.ec</a>
36	Windy: Wind map & weather forecast; Windy	<a href="https://www.windy.com/">https://www.windy.com/</a>
37	The Ventusky web application; InMeteo, in collaboration with Marek Mojžík and Martin Prantl	<a href="https://www.ventusky.com/">https://www.ventusky.com/</a>
38	Sea Around Us (Fisheries, Ecosystems & Biodiversity); Global Fisheries Cluster University of British Columbia; Vancouver, B.C Canadá	<a href="http://www.seaaroundus.org/data/#/eez">http://www.seaaroundus.org/data/#/eez</a>
39	UTM CSIC Data Centre; Marine Technology Unit, UTM-CSIC	<a href="http://data.utm.csic.es/portal/">http://data.utm.csic.es/portal/</a>

Tabla 2. Geoportales y geovisores identificados como resultado de la búsqueda relacionada.

## 4.2 Diseño de la matriz de análisis estableciendo los criterios y los aspectos más relevantes a evaluar

El análisis comparativo de los 39 geoportales y geovisores implicó la realización de una evaluación participativa con 12 expertos, quienes se encargaron de responder una serie de preguntas agrupadas en secciones, diseñadas para evaluar diversos aspectos de estas herramientas. Cada pregunta se calificó en una escala de “0” al “5”; donde “0” indicaba que

no se aplicaba la evaluación, “1” representaba una opinión totalmente en desacuerdo, “2” denotaba un desacuerdo, “3” indicaba una opinión neutral, “4” expresaba estar de acuerdo y “5” totalmente de acuerdo. Las preguntas abordadas fueron las siguientes:

- **Sección 1: Primera impresión**, se realizaron las siguientes preguntas:
  - ¿Se percibe facilidad en su uso?
  - ¿Le da temor usarlo?
  - ¿Cree que podría usarlo de forma frecuente?
- **Sección 2: “Landing page”**,
  - ¿La landing o página de aterrizaje explica sobre el proyecto, su relevancia y quién está detrás de este?
- **Sección 3: Introducción**, Tutorial, “Onboarding”,
  - ¿La herramienta contaba con una Introducción, un tutorial o algún contenido que explique de qué se trata el geovisor antes de empezar a usarlo?, y ¿ésto fue lo suficientemente claro?
- **Sección 4: Accesibilidad**,
  - ¿Fue posible usarlo desde cualquier dispositivo?
  - ¿Pidió la instalación de algún tipo de plugin?
  - ¿Los elementos como textos y gráficos se ven de buen tamaño?
  - ¿Textos y contenido del geovisor fue posible localizarlos en más de un idioma?
- **Sección 5: Look and feel**,
  - ¿La interfaz de usuario la percibe suficientemente amigable?
- **Sección 6: Ayuda**,
  - ¿La ayuda disponible es lo suficientemente clara y contextual?
- **Sección 7: Salida de datos**,
  - ¿Los mapas elaborados los pudo compartir?
  - ¿Los mapas elaborados los pudo imprimir?
  - ¿Los mapas elaborados los pudo guardar en la nube?
- **Sección 8: Retroalimentación**,
  - ¿Los desarrolladores pueden recibir retroalimentación (“feedback”) por parte del usuario?
- **Sección 9: Registro de cuenta**,

- ¿Se requiere un registro para acceder a funcionalidades del geovisor?
- ¿El registro es sencillo e intuitivo?
- ¿Considera que era necesario registrarse a la página para acceder a sus servicios?
- ¿Permite usar datos de redes sociales para agilizar el registro?
- **Sección 10: Interacción,**
  - ¿Interactuar con el mapa es intuitivo, sencillo, disfrutable y ágil?
- **Sección 11: Diseño,**
  - ¿Tiene buen diseño gráfico (iconografía, esquema de colores, ilustraciones)?
  - ¿Tiene buen diseño de información (textos apropiados, presentación visual)?
- **Sección 12: Tecnologías,**
  - ¿Considera que las tecnologías utilizadas son suficientes para responder a las necesidades del usuario?
- **Sección 13: Interoperabilidad,**
  - ¿El acceso a los datos se puede hacer mediante el consumo de geoservicios WMS, WFS u otros avanzados de geoprocesamiento?
- **Sección 14: Otras,**
  - ¿Le gustaría regresar al geovisor en un futuro?
  - ¿Es fácil navegar por todo el contenido del geovisor?
  - ¿Se sintió cómodo usando el geovisor?
  - ¿Es fácil encontrar información dentro del geovisor?
  - ¿Considera que la información disponible en el geovisor es creíble?
  - ¿Necesitó tener conocimientos avanzados para poder usar el geovisor?
  - ¿Recomendaría este geovisor a un amigo/conocido para que lo usara?

Geoportal/ Geovisor	Sumatoria	Puntaje normalizado	Geovisor/ Geoportal	Sumatoria	Puntaje normalizado
<u>1</u>	<u>105,00</u>	<u>0,85</u>	21	32,00	0,26
2	63,00	0,51	22	67,00	0,54
3	77,00	0,62	23	70,00	0,56
<u>4</u>	<u>93,50</u>	<u>0,75</u>	24	54,00	0,44
5	73,50	0,59	25	48,00	0,39
6	73,50	0,59	26	60,50	0,49
7	73,00	0,59	<u>27</u>	<u>112,00</u>	<u>0,90</u>
8	82,50	0,67	28	71,00	0,57
9	85,00	0,69	29	81,00	0,65
10	81,33	0,66	30	86,00	0,69
11	67,67	0,55	31	71,33	0,58
12	86,83	0,70	32	63,00	0,51
13	55,50	0,45	33	53,00	0,43
14	55,00	0,44	34	76,00	0,61
15	54,00	0,44	35	51,00	0,41
16	59,00	0,48	<u>36</u>	<u>124,00</u>	<u>1,00</u>
17	50,00	0,40	<u>37</u>	<u>105,00</u>	<u>0,85</u>
18	90,00	0,73	38	60,50	0,49
19	91,00	0,73	39	49,00	0,40
20	51,50	0,42			
	<b>Promedio</b>			71,85	0,58
	<b>Máximo</b>			124,00	1,00
	<b>Mínimo</b>			32,00	0,26

Tabla 3. Resultados de la matriz de análisis comparativo.

A partir de los resultados obtenidos de las respuestas de los expertos, se pudo determinar que las plataformas (1) Windy: Wind map & weather forecast, (2) REDMIC - Repositorio de Datos Marinos Integrados de Canarias, (3) The Ventusky web application, (4) Visor del Parque Nacional del Archipiélago de Cabrera y (5) MarineTraffic: Global Ship Tracking Intelligence; destacaron con las puntuaciones más altas en múltiples aspectos, tales como: la primera impresión, la página de inicio, la presentación inicial de información en la plataforma, la accesibilidad, la amigabilidad, la salida de datos, la retroalimentación y, el proceso de registro de cuenta, entre otros. Estos resultados brindaron una base sólida para la identificación de cinco plataformas que sirvieron como punto de partida en el diseño conceptual e intencional del desarrollo tecnológico dirigido a los hogares de pescadores

artesanales en la región del Pacífico sur colombiano. En este sentido, se establecieron los siguientes parámetros clave como criterios específicos que orientaron la co-creación de la herramienta:



Figura 1. Parámetros para el desarrollo del geoportal dirigido a los hogares pescadores artesanales en el Pacífico sur colombiano.

## 5 | CASO DE ESTUDIO - DESARROLLO TECNOLÓGICO DE UNA HERRAMIENTA WEBGIS DE ACCESO ABIERTO PARA EL SECTOR PESQUERO ARTESANAL: GEOPESCA TUMACO 2.0

### 5.1 Análisis y selección de una herramienta de innovación digital para el sector pesquero artesanal

Con base en el análisis de selección de una herramienta de innovación digital y

considerando como eje de desarrollo la estrategia de transferencia de conocimiento, que parte de los saberes y la formación empírica del pescador y que aporta a los procesos de toma de decisiones más informadas con base científica y que reconozca las dinámicas cambiantes del clima, el océano y los recursos de interés pesquero, comercial y para la seguridad alimentaria, fue co-creada la plataforma WebGIS “Geopesca Tumaco 2.0” (<http://geopesca-avanzado-tumaco.unal.edu.co/>).

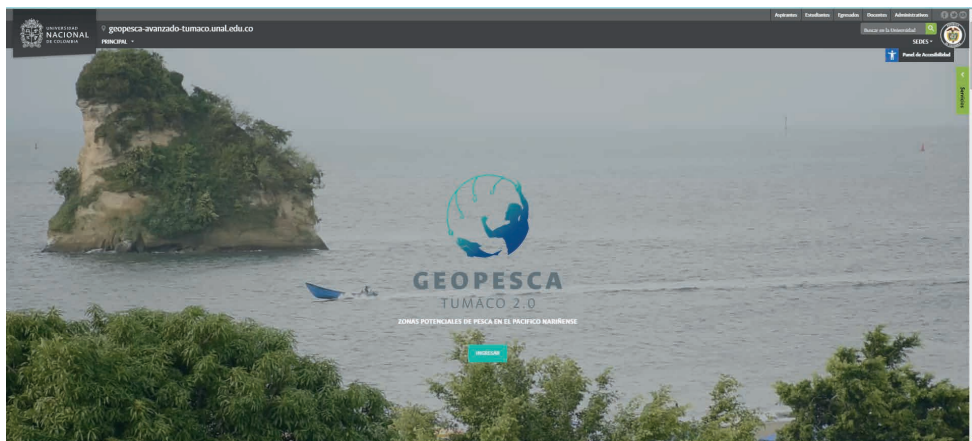


Figura 2. Plataforma WebGIS “Geopesca Tumaco 2.0” (<http://geopesca-avanzado-tumaco.unal.edu.co/>).

La experiencia adquirida en el proceso con la comunidad a la fecha ha permitido identificar que el desarrollo de plataformas tecnológicas que faciliten las actividades productivas en la región puede -en el mediano y largo plazo- convertirse en un catalizador para el empoderamiento y desarrollo social/económico de las comunidades locales. No obstante, las garantías que los procesos implementados sean apropiados, sostenibles y perdurables en el tiempo y para la comunidad objetivo que se proyectan, requieren los desarrollos de mecanismos asertivos de socialización, capacitación y formación. Se espera en el mediano y largo plazo, que el WebGIS fomente la colaboración y el intercambio de conocimientos entre las partes interesadas que confluyen en el sector pesquero artesanal de la región, aportando conjuntamente a crear soluciones innovadoras para hacer frente a los retos que las dinámicas cambiantes del entorno plantean para el sector pesquero artesanal.

Geopesca Tumaco 2.0 es una herramienta WebGIS de acceso abierto, que brinda opciones para la planificación de operaciones de pesca y los instrumentos para conocer los resultados de modelos de distribución y gestión de recursos de interés pesquero. Por ejemplo, las comunidades pueden acceder casi en tiempo real a datos oceanográficos y de distribución de hábitats de importantes especies comerciales en el Pacífico sur colombiano. Se implementaron operaciones SIG en la herramienta web comenzando desde

las básicas como visualización, superposición, selección y llegando a consultas avanzadas u operaciones de procesamiento con datos necesarios para la toma de decisiones en una condición climática cambiante.

Geopesca Tumaco 2.0 buscó y aportó a una mejor gestión de los recursos pesqueros a futuro, permitiendo obtener y desplegar información actualizada sobre las condiciones oceanográficas, climáticas y de distribución actual y proyectada de las especies de importancia comercial -que fueron obtenidas mediante procesos de investigación aplicada de modelación predictiva de distribución espacial y temporal basada en principios de nicho ecológico y de modelos de Zonas Potenciales de Pesca (ZPP)-, en pro de reducir las limitaciones al acceso de la información y contribuir al conocimiento de las comunidades costeras, sobre las dinámicas climáticas y biológicas cambiantes.

Se logró que el geoportel y geovisor Geopesca Tumaco 2.0 fuera recibido por los hogares de pescadores, integrando y empoderando a miembros de la familia para el apoyo en la interacción del pescador con el nuevo proceso de aprendizaje. La herramienta constituye una puerta de acceso para la apropiación social de innovaciones tecnológicas digitales en la región.

## **5.2 Información de especial interés para consulta de los hogares pescadores artesanales del Pacífico sur colombiano**

La dinámica naturaleza del viento, en cuanto a su dirección y velocidad, supone para los pescadores asumir el reto de sortear faenas con tiempos cambiantes; por lo que contar con información en tiempo casi-real proporciona al pescador artesanal un invaluable insumo para adaptarse y tomar decisiones con esa base de conocimiento. Con actualizaciones regulares -cada 15 minutos- durante diversas horas del día, la herramienta “**Mapa de vientos**” (Figura 3) permite que el pescador tome decisiones más informadas sobre el momento óptimo para salir a pescar, ajustando su ruta según los últimos datos climáticos. Además, la capacidad de monitorear de forma frecuente la dirección y velocidad a esperar en la costa o el mar abierto, permite una respuesta proactiva a posibles cambios bruscos en las condiciones del viento, mejorando significativamente la seguridad en el mar, que es especialmente importante para el hogar pescador artesanal, que típicamente se encuentra más expuesto por su autonomía y capacidad de pesca (embarcaciones y equipos). Para la pesca, la actualización constante de datos facilita la identificación de patrones climáticos y corrientes que influyen en la ubicación de los peces, permitiendo al pescador ajustar su estrategia de potencial captura. En consecuencia, el mapa de vientos disponible en Geopesca Tumaco 2.0 se convierte en una brújula dinámica que posibilita una guía eficiente y segura para el pescador artesanal.





Figura 3: Función “Mapa de vientos” disponible en Geopesca Tumaco 2.0.

Disponer de la herramienta “**Proyección de mareas**” para el día de “hoy”, “mañana” y “pasado mañana”, aporta información esencial al pescador artesanal, debido que el comportamiento de la marea influye directamente en la actividad pesquera. La marea afecta la distribución espacial y migración de los recursos marinos, así que comprender sus ciclos permite al pescador identificar los mejores momentos para la pesca. Además, la variación de las mareas afecta la accesibilidad a ciertas zonas, ya que niveles bajos mareales pueden dificultar la navegación. Un pescador informado sobre las mareas puede planificar estratégicamente sus faenas aprovechando las condiciones más propicias y optimizando así su rendimiento en el mar.

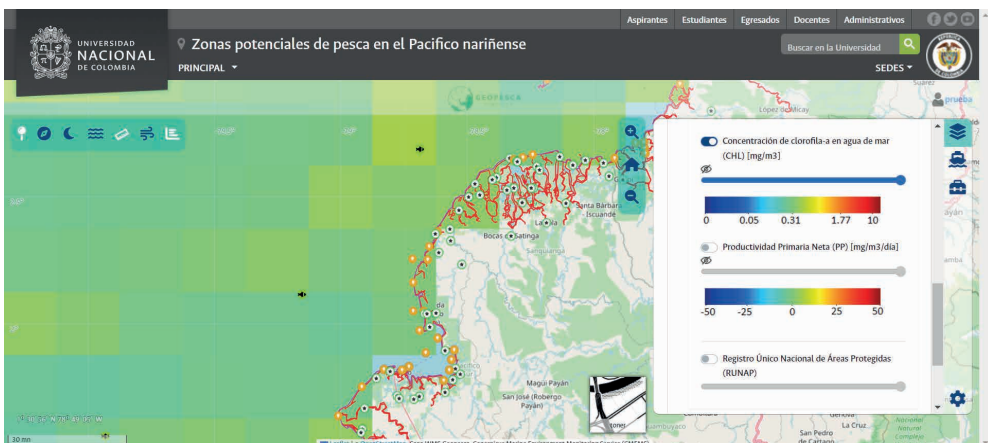


Figura 4: Mapas dinámicos de variables biogeoquímicas con información diaria y proyectada, disponibles en Geopesca Tumaco 2.0; Ejemplo: Concentración de clorofila-a en agua de mar.

Información a la mano en forma de mapas de variables biogeoquímicas como la **Temperatura Superficial del Mar (T)**, **Salinidad Superficial del Mar (S)**, **Concentración**

**de clorofila-a en agua de mar (CHL) y Productividad Primaria Neta (PPN)** es decisivo para un pescador artesanal, debido a que, por ejemplo la temperatura superficial del mar influye en la distribución de las especies de peces en función de sus preferencias específicas en términos de temperatura para la elección de hábitat, alimentación y dinámicas de reproducción. La salinidad igualmente afecta la composición de las comunidades marinas y puede indicar la presencia de determinadas especies, así como la concentración de clorofila-a en agua de mar que está directamente relacionada con la presencia de fitoplancton, una fuente clave de alimento para los organismos marinos. Por último, la productividad primaria neta es como realizar una medida indirecta de la disponibilidad del alimento para los organismos que habitan el océano, dado que muestra la cantidad de energía que se mueve a través de la cadena alimentaria marina. Para un pescador, entender esto, es como saber si hay suficiente comida para los peces en el lugar donde plantea dirigirse a pescar. Si hay mucha energía fluyendo, significa que hay más comida para los peces, y eso hace que sea un buen lugar para pescar. En conjunto, estos datos permiten al pescador, tomar decisiones informadas sobre cuándo y dónde pescar, mejorando la eficiencia y sostenibilidad del recurso marino y de su actividad.

Una herramienta co-creada con los hogares pescadores artesanales de Tumaco, como es el “**Calendario lunar**” brinda información útil al pescador artesanal al proporcionar una visión de las fases de la luna y la favorabilidad esperada para la pesca –ésta última basada en conocimiento tradicional de los pescadores de oficio-. A partir del conocimiento ancestral puesto de forma digital al alcance de unos clics, la tradición de pueblos pescadores que por cientos de años han guiado sus faenas de pesca a ciertas fases lunares, identificándolas como las más propicias para algunas especies de peces, ha sido dispuesto a través de Geopesca Tumaco 2.0 el calendario lunar mensual, que permite al pescador artesanal anticipar y aprovechar las condiciones favorables de la luna y su influencia en las mareas, mejorando así sus posibilidades de captura. Por ejemplo, durante periodos de marea alta (luna nueva o llena), ciertos tipos de peces pueden acercarse más a la costa, facilitando así su captura; comprender estas variaciones permite al pescador planificar sus faenas de pesca de manera más efectiva.



Figura 5: Calendario lunar mensual disponible en Geopesca Tumaco 2.0.

## AGRADECIMIENTOS

Este producto forma parte de los resultados del proyecto de investigación “Fortalecimiento de la actividad pesquera artesanal en el Pacífico nariñense colombiano había un aprovechamiento sostenible del recurso. Tumaco”, ejecutado por el Instituto de Estudios del Pacífico de la Universidad Nacional de Colombia Sede Tumaco y la Universidad de Nariño. Proyecto financiado por el Sistema General de Regalías con Código de Inversión BPIN 2020000100068 de las Gobernaciones de los departamentos de Nariño, Cauca, Valle del Cauca y Chocó.

## REFERENCIAS

- Álvarez-Francoso, J.I., Ojeda-Zújar, J., Díaz-Cuevas, P., Prieto-Campos, A. y Pérez Alcántara, J. P. (2017). **Difusión web de tasas de erosión en las playas de Andalucía: geovisores web para la exploración de datos.** *Geo-Temas*, 17, 147-150.
- Climent-Gil, E., Aledo, A., Vallejos-Romero, A. (2018). **The social vulnerability approach for social impact assessment.** *Environmental Impact Assessment Review*, 73: 70-79. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2018.07.005>
- Fisher, W. L., Rahel, F. J. (2004). **Geographic information systems in fisheries.** *Journal of Fish Biology*, 66, 270-293. <https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2005.0627a.x>
- Gallardo-García, N., Hernández-Piñeres, S., Mojica-Benítez, H., Puentes-Granada, V. (2018). **Avances en Acuicultura y Pesca, Volumen IV.** Especial: Caracterización de pesquerías en Colombia. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca – AUNAP, Fundación Fauna Caribe Colombiana, 216 p.

IPCC, 2014. **Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad**. Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multi-capítulos. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra (Suiza), 200 págs.

Ojeda-Zújar, J. (2010): **Geovisualización: Espacio, Tiempo y Territorio. Ciudad y Territorio**. Estudios Territoriales, 165-166: 445-59.

Pinardi, N., Coppini, G. (2010). **Preface “Operational oceanography in the Mediterranean Sea: the second stage of development”**. Ocean Science, 6, 263–267, <https://doi.org/10.5194/os-6-263-2010>

Selvaraj, J. J., Miranda-Parra, M. A., Cifuentes-Ossa, M. A. (2022). **Potential Adaptation Responses to Climate Change in Small-Scale Fisheries along the Colombian Pacific**. The International Journal of Climate Change: Impacts and Responses 14 (2): 149-171. doi:10.18848/1835-7156/CGP/v14i02/149-171.