

# GPS's Poseidon: Sistema de información para la geolocalización y distribución de especies de peces en el Caribe Colombiano

*GPS's Poseidon: Information system that allows the geolocation and distribution of fish species on the Colombian Caribbean*

J. A. Salebe Roqueme, G. Salas Duran, E. Orozco Morales, M. Rosales Navarro & P. Sánchez Sánchez

Universidad Simón Bolívar, Barranquilla-Colombia.2021

## **Resumen**

El estudio de peces y otras especies marinas ha ocupado un renglón importante de discusión a nivel mundial, dado por la relación que genera con actividades económicas, sociales, culturales y ambientales, I) por la amplia diversidad que existe en países como Colombia; II) por ser una de las principales fuentes de alimentación y de empleo en el mundo; III) por los riesgos de extinción que tienen algunas especies asociado a la pesca inescrupulosa e intensiva y la contaminación de fuentes de agua. En la región caribe colombiana confluyen diferentes fuentes de agua superficial como son quebradas, ríos, arroyos, lagunas, manglares, mares, etc., presentando así una riqueza natural de peces asociada a su diversidad. En este artículo se aborda la tarea de geolocalización y distribución de especies de peces en el caribe colombiano haciendo uso de herramientas tecnológicas de análisis de datos que permiten su exploración y muestran zonas de pesca adecuadas, información de cada especie, patrón de distribución de diferentes especies y sus épocas de reproducción.

**Palabras clave:** *Caribe colombiano; análisis de datos, peces, geolocalización y distribución.*

## **Abstract**

The study of fish and other marine species has occupied an important line of discussion worldwide, given the relationship it generates with economic, social, cultural and environmental activities, I) due to the wide diversity that exists in countries such as Colombia; II) for being one of the main sources of food and employment in the world; III) due to the extinction risks of some species associated with unscrupulous and intensive fishing and

the contamination of water sources. In the Colombian Caribbean region different sources of surface water converge such as streams, rivers, streams, lagoons, mangroves, seas, etc., thus presenting a natural wealth of fish associated with their diversity. This article addresses the task of geolocation and distribution of fish species in the Colombian Caribbean making use of technological data analysis tools that allow exploration and visualization of suitable fishing areas, information on each species, distribution pattern of different species and their breeding seasons.

**Keywords:** Colombian Caribbean; data analysis, fish, geolocation and distribution.

## I. INTRODUCCIÓN

El pescado supone una de las fuentes de proteínas(20g) más grandes para el ser humano y a su vez uno de los alimentos más consumidos a nivel mundial. El oficio de la pescadería ofrece muchos empleos alrededor del mundo ocupando a individuos de varias generaciones.

La ONU por medio del objetivo de desarrollo sostenible 'vida submarina' trata de promover la pesca sostenible por medio de metas a lograr hasta 2030 que contribuyan a que la pesca se haga de manera responsable, legal y segura, ya que actualmente se está llevando el oficio en algunas partes de manera irresponsable, un claro ejemplo es la pesca de arrastre que no solo está atrapando peces pequeños sino también otros animales marinos y destruyendo hábitats, y a su vez teniendo un impacto

social por las personas que se dedican a la pesca artesanal.

De los recursos marinos de Colombia, se tienen investigaciones que demuestran que esta riqueza se encuentra en amenaza. Una de estas investigaciones es la de Arturo Acero y Andrea Polanco, donde se detectan claras diferencias entre los peces cartilagosos y los óseos en cuanto a sus posibilidades de supervivencia a largo plazo, pues mientras de los primeros 33% de las especies conocidas de Colombia se hallan amenazadas o cerca de estarlo, solo 4% de los óseos tienen esa condición.

Por otra parte la contaminación juega un papel muy perjudicial para la vida marina; una de ellas es por el plástico, en el mundo ocho millones de toneladas de plástico ingresan a los océanos cada año y no solo está afectando a peces sino a aves migratorias llegando a sus estómagos pedazos de plástico que posteriormente les causa asfixia o la muerte ya que estos restos de plástico no se desintegran, según la revista FORBES el 90% de las aves marinas tiene plástico en su intestino y se predice que esto aumentará hasta 99% en 2050.

En este artículo se implementa un sistema de información que permite la geolocalización y distribución de varios tipos de peces y sus especies dentro del territorio colombiano. Se encuentran datos como: zonas de pesca adecuadas, información de cada especie, patrón de distribución de diferentes especies, sus épocas de reproducción, mapas por tipo de especie y departamento.

## II. REVISION DE LITERATURA

Se busca identificar las posibles categorías que se deben tener en cuenta a la hora de investigar la actividad pesquera en el Caribe Colombiano. A continuación, se definen y referencian cuatro categorías que agregan conocimiento sobre el tema, las cuales tienen por nombre: Biodiversidad, Inteligencia Artificial, Contaminación y Pesca.

### BIODIVERSIDAD

La importancia de esta categoría en nuestro proyecto, radica en que nos permite resaltar algunos elementos asociados a la pluralidad de especies de peces. Como insumo, se tiene un registro de peces realizado por Luis Hernán Chasqui Velasco y Juan David González; publicado en el año 2019 en la ciudad de Santa Marta, en el Parque Nacional Natural Corales de Profundidad (PNNCP) el cual nos arroja un total de 80 especies distintas de peces agrupadas en 29 familias y ubicadas al borde de la plataforma continental frente a los departamentos de Bolívar, Sucre y Córdoba [1] [2]. Así mismo, investigaciones realizadas por la AUNAP (Autoridad Nacional De Acuicultura Y Pesca) en convenio con la Universidad de la Costa, nos revelan datos significativos del incremento en la captura de peces, en este caso del Bocachico, cerca de los años de 1980 se registró una cantidad de 38.000 ton en la captura de este pez, luego de un largo periodo, exactamente 34 años (año 2013), se registró solo un total de 1001.9 ton, lo cual condujo a un decremento drástico de esta especie de pez en especial, tanto así que fue declarada como una especie de alto riesgo de extinción [3].

En 2019 Isabella González-Gamboa, Adriana Santos-Martínez y Yimy Herrera-Martínez; presentan un estudio para determinar la estructura morfo-funcional del arrecife coralino de San Andrés, en términos de diversidad funcional bentónica y peces, ya que esta se vio impactada por el turismo, a través del buceo y la pesca. Este archipiélago representa más del 75% de los arrecifes de coral de Colombia. Después de que la isla fuera declarada puerto libre en 1953, se produjo un aumento de visitantes e inmigrantes, lo que provocó cambios en la dinámica socioeconómica, pasando de la pesca de subsistencia al comercio y al turismo [4] [5] [6].

En el Catálogo de los recursos pesqueros realizado por institutos de investigación del Sistema Nacional Ambiental, Sina, universidades y ONG's en el año 2010, nos expone que La pesca continental proporcionó más de 10 millones de toneladas en 2006 y contribuyó en un 11% a la pesca de captura mundial. El continente con mayor aporte es Asia, seguida de África, que representan en conjunto el 90% de las capturas

mundiales. América Latina representa el 4,9 por ciento [7][8].

## **INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

La Inteligencia Artificial ejerce un rol importante como fuente de soluciones a problemáticas existentes en lo que se refiere a pesca, debido al creciente desarrollo de nuevas tecnologías [9]. Recientemente se han presentado avances que podrían eliminar o reemplazar la pesca de arrastre, una de ellas es la detección automática del tamaño de los peces por medio de deep learning [10] y otra la detección de diferentes especies con la ayuda de redes neuronales [11]. Estas dos tecnologías podrían suponer un impacto positivo ya que si se sabe dónde están los peces con un tamaño razonables para ser pescados sin afectar su reproducción y crecimiento, se puede ir directamente a ellos y no tener que gastar demasiado tiempo en capturarlos y destruir otros hábitats como lo hace por ejemplo la pesca de arrastre.

Así mismo, los satélites AIS o Sistema de identificación automática suponen una gran ayuda ya que por medio de la minería de datos y el machine learning es posible aprender los patrones de recorrido de los buques pesqueros, así como clasificarlos [12] [13] [14]. Esto permite saber cuáles son los buques que tienen permiso para pescar en determinadas zonas y así identificar los que lo hacen de forma legal o ilegal.

También gracias a la ayuda del machine learning nos ofrece el poder predecir donde se encontrarán los peces en ciertas zonas por medio de factores ambientales tales como la salinidad del agua, temperatura, contaminación, entre otros [16][17].

Es por esto que la inteligencia artificial es importante, ya que por medio de sus nuevas tecnologías nos ofrece una nueva visión de cómo se debería llevar a cabo una pesca responsable. Si bien, muchas de estas tecnologías están en proceso de desarrollo, son muy prometedoras para el oficio de la pesca y contribuyen a que esta sea sostenible conservando las demás especies. [18][19].

## **PESCA**

El conocer más a fondo la pesca es importante para este proyecto porque es algo que va más allá de solo lanzar una caña y esperar a que un pez agarre el anzuelo, tenemos que conocer desde los tipos de pesca, las técnicas de pesca más conocidas, los momentos en que se puede y no se puede pescar, etc.; todo lo que conlleva la pesca es importante porque no todos los peces se utilizan para lo mismo en el mismo momento, y no todos se consiguen en la misma zona, todo esto será tratado a lo largo de esta explicación.

Entre los tipos de pesca tenemos la deportiva y la artesanal, la deportiva consiste solamente en atrapar un pez con características específicas para ganar una competencia, la pesca artesanal por otro lado consiste en el uso de cañas, redes y arpones con el fin de atrapar peces ya sea para autoconsumo o para venta [20].

La pesca de altura es un tipo de pesca que se realiza en aguas alejadas de la costa. Se trata de un método de pesca que se puede realizar de dos formas: pesca profesional (pescadores que trabajan para la industria y se encargan de prestar los servicios pesqueros) y pesca deportiva. La pesca de bajura se realiza en pequeñas embarcaciones cerca de la costa. Estos barcos son pequeños y llevan poderosas redes y cuerdas. No están lejos de la costa, y su captura está disminuyendo cada día debido al agotamiento de los fondos marinos. La pesca de gran altura es un método de pesca destinado a la pesca a gran escala. permite utilizar un sistema que combina mejor tecnología para el arrastre, la pesca con palangre y la pesca con red de cerco, que puede capturar una gran cantidad de recursos pesqueros.

En la Figura 1 se muestra detalladamente los tipos de pesca y las características de cada una de ellas, los días o meses que se emplean en la actividad, la distancia y las embarcaciones utilizadas. A continuación, se describe este tipo de información.



Fig 1. Tipos de pesca. Fuente [FAO].

La pesca con arpón es una parte de la pesca artesanal, pero con la diferencia de que más que atrapar, el objetivo es matar al pez de un solo tiro, a simple descripción parece algo fácil de ejecutar, pero la realidad es que esto es algo de sumo cuidado que debe llevarse a cabo correctamente, por eso es importante conocer la relación entre Arpón, arponero y pez [21].

La temporada de veda y la sobrepesca son conceptos que van de la mano en este proyecto, si bien no son los más relevantes, la temporada de veda aparece como respuesta a la sobrepesca, esto porque la sobrepesca como su nombre lo indica consiste cuando una o más especies de peces son pescados de forma excesiva provocando que estén en peligro [22], en respuesta a esta situación la AUNAP declara la temporada de veda que es un periodo en el que pescar una especie o más especies específicas está totalmente prohibido.[23]

La pesca de arrastre, si bien puede ser una forma eficaz de capturar una gran cantidad de peces que se desee en el momento, esta tiene sus desventajas como ya se mencionó en la problemática, pero la que nos vamos a centrar en el efecto de pesca acompañante, que se centra más que todo en el atrapado del camarón durante este tipo de actividad pesquera, el camarón es una especie subacuática importante ya que come desechos, es decir, es la especie encargada de limpiar los paisajes subacuáticos, motivo por el que cazarlo en exceso puede condenar muchos hábitats de especies diferentes, la importancia de esta parte de la investigación radica en que se debe mejorar la pesca artesanal para no atrapar a tantas especies más allá de las que se desean capturar,

de modo que otras como el camarón si llegan a quedar atrapadas, se puedan liberar fácilmente.[24] [25]

El mapeo del servicio ecosistémico de alimento asociado a la pesca es importante porque muchas especies sufren de diferentes amenazas a nivel mundial, por lo que es necesario estudiarlas para conservarlas de modo que sean un recurso sustentable ya que en Colombia hay un gran porcentaje de zonas húmedas, por lo que la pesca es un recurso importante para la comunidad, tan así que diferentes municipios en región amazónica y andina son de los principales beneficiarios de la pesca ya que es para su consumo propio.[26]

## CONTAMINACIÓN

La contaminación es un porcentaje del desequilibrio en la naturaleza. En esta categoría nos muestra datos muy certeros acerca de la contaminación de los recursos marinos. Estos datos, se obtienen de estudios que revelan la situación actual de mares, manglares, y vida marina, a causa de los estragos que hace una mala administración de estos recursos. Como ejemplo tenemos al gobierno japonés que ha dado la orden de verter agua radiactiva en el mar, no midiendo el impacto y los efectos que esto pueda traer. Ejemplos de los efectos de la contaminación de fuentes hídricas en Colombia son la disminución del número y cantidad de especies en reservas como la isla salamanca, la desaparición de fuentes de agua como manglares, lagunas y quebradas, el desplazamiento de hábitats naturales, la extinción de animales como los galápagos, Caimán, Delfín rosado.

Además, la mala administración de los recursos naturales repercute en el cambio climático, con efectos como la acidificación de mares, la extinción de muchas especies, la deforestación de manglares, la extensión de temporadas de calor.

Según un estudio realizado a la ciénaga grande de santa marta, se encontró concentraciones tóxicas de contaminantes en el área de influencia, tales como nitrógeno inorgánico disuelto [NID: nitritos (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) + nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) + amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)], ortofosfatos (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), sólidos suspendidos totales (SST) y coliformes termotolerantes (CTE), antiguamente denominados coliformes fecales [28].

Teniendo en cuenta dentro de las enfermedades infecciosas los virus son los principales causantes de brotes relacionados con la contaminación del agua y los alimentos en los países más desarrollados, donde la mejora de los tratamientos de depuración de las aguas residuales ha reducido la transmisión de la mayor parte de los patógenos bacterianos. Las aguas residuales son la principal fuente de microorganismos patógenos que se transmiten a través del ambiente y que llegan a la población especialmente a través de la contaminación del agua usada para beber, agua utilizada en cultivos de vegetales o en cultivos de moluscos bivalvos, en la preparación de comida, para lavar, en el baño o en los diversos usos recreativos. El tratamiento actualmente aplicado a las aguas residuales procesadas por métodos biológicos y físico-químicos ha reducido significativamente la incidencia de enfermedades entre la población, especialmente las de etiología bacteriana, sin embargo, los protozoos y los virus son más resistentes que las bacterias a muchos de estos tratamientos. [29] [30].

En la Figura 2 y 3 se muestra los diferentes tipos de contaminantes tanto hídricos como meteorológicos, la fuente de esos contaminantes y el efecto que tiene en las personas y el medio ambiente. A continuación, se

aprecia esta información.

**Fig 2. Tipos de Contaminantes. Fuente [ARANTEC].**

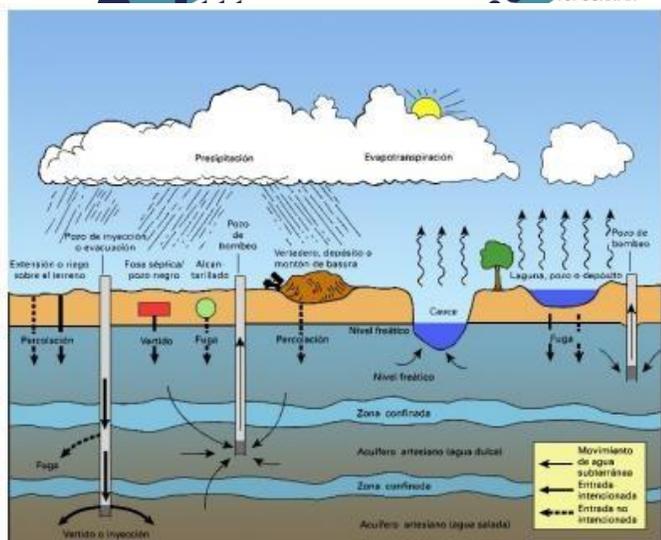
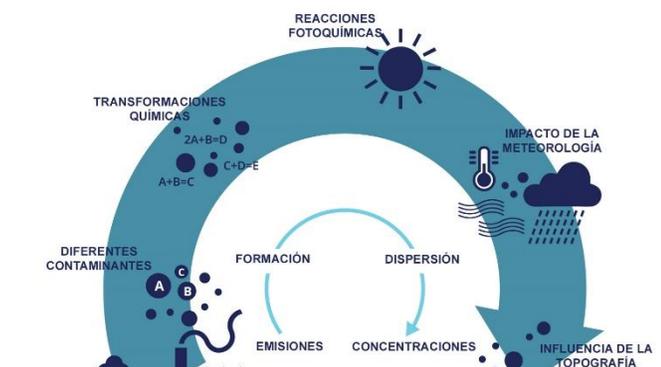
**Fig 3. Contaminantes Hídricos. Fuente [SITES.GOOGLE]**

Otro tipo de contaminación a considerar, es la relacionada con derrame de petróleo u otro líquido contaminante, que, por lo general, sólo tienen un efecto localizado sobre la vida silvestre. El petróleo puede causar la muerte de muchos peces y se adhiere a las plumas de las aves marinas lo que causa que pierdan la capacidad de volar. Así mismo, la contaminación del agua superficial que incluye agua natural que se encuentra en la superficie de la tierra, como ríos, lagos, lagunas y océanos; las sustancias entran en contacto con estas aguas, disolviéndose o mezclándose físicamente en ellas. A esto se le puede llamar contaminación del agua de superficie.

Ahora bien, los cuerpos de agua tienen microorganismos. Estos incluyen organismos aerobios y anaerobios. Cuando mucha materia biodegradable (cosas que fácilmente se descomponen) termina en el agua, se estimula el crecimiento de microorganismos y se utiliza más oxígeno. Si el oxígeno se agota, los organismos aeróbicos mueren y los anaerobios se reproducen para producir toxinas nocivas tales como amoníaco y sulfuros.

Cuando los seres humanos aplican plaguicidas y productos químicos a los suelos, éstos son lavados por el agua lluvia y absorbidos profundamente en la tierra, llegando a las aguas subterráneas y provocando la contaminación. Esto significa que cuando excavamos agujeros de pozos y perforación para obtener agua del subsuelo, debe ser revisada correctamente.

En muchas comunidades del mundo, la gente bebe agua sin tratar (directamente de un río o arroyo). A veces existe contaminación natural causada por microorganismos como virus, bacterias y protozoos. Esta contaminación natural puede causar la muerte de peces y otras especies. También pueden causar enfermedades graves para las personas que beben de esas aguas.



Algunos contaminantes (partículas y sustancias químicas) no se disuelven fácilmente en el agua. A este tipo de material se le denomina materia particulada. Algunos contaminantes suspendidos luego se asientan bajo los cuerpos de agua. Estos pueden dañar e incluso matar a los organismos acuáticos que viven en el suelo.

Muchas industrias y agricultores, trabajan con productos químicos que terminan en el agua. Estos incluyen productos químicos que se utilizan para controlar las malas hierbas, los insectos y plagas. Los metales y solventes de industrias pueden contaminar los cuerpos de agua. Estos son venenosos para muchas formas de vida acuática y puede retrasar su desarrollo, haciéndolos estériles y matándolos.

Algunas aguas residuales, fertilizantes y aguas de alcantarillados, contienen altos niveles de nutrientes. Si terminan en los cuerpos de agua, estimulan el crecimiento de algas y malezas en el agua. Esto hace que el agua no sea potable e incluso obstruye los filtros. Un exceso de algas también usará todo el oxígeno en el agua y muchos organismos acuáticos morirán. [31][32]

### III. MODELO PROPUESTO

Para el desarrollo del modelo propuesto se sigue una metodología holística y sistémica, con un enfoque cuantitativo- cualitativo. [33]

En esta investigación se propone una herramienta analítica que proporciona visualizaciones interactivas de datos, y por medio de ella se visualizarán gráficos de las especies de peces a lo largo de los departamentos de Colombia. Se usa como herramienta de desarrollo Power BI apoyado en la base de datos SIB (Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia) [34] la cual ofrece una base sólida que cuenta con taxonomía, genero, nombres científicos y de más datos; los cuales por medio de coordenadas y ubicación departamental ayudan a evaluar y a categorizar su representación tanto cualitativa como cuantitativa.

En la Figura 4 se esquematiza el flujo de actividades que hacen parte del modelo propuesto para el diseño de un sistema de información para la geolocalización y distribución de especies de peces en el Caribe Colombiano. A continuación, se ofrece una descripción de cada uno de los procesos:

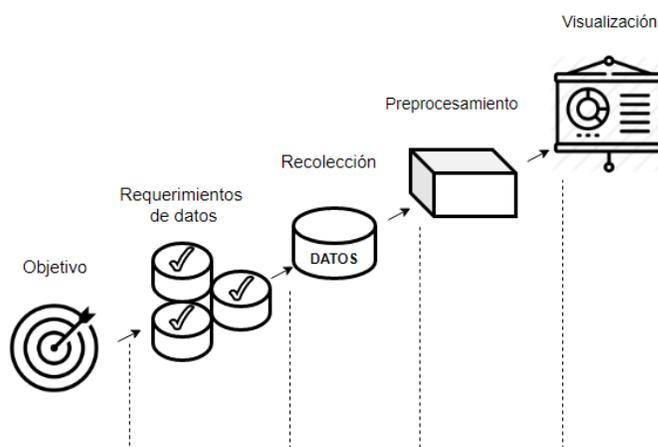


Fig 4. Esquema de procesos del sistema propuesto.

**Objetivo:** En este proceso se debe definir el objetivo de la herramienta, en el caso presentado se propone el diseño de un modelo basado en un sistema que permita la geolocalización y distribución de los peces en la costa caribe colombiana.

**Determinar los requerimientos de datos:** Se describen los requisitos necesarios para el diseño e implementación de este modelo, estos datos se basan en la descripción, funcionalidad y modelos de investigación cualitativos y cuantitativos.

**Recolección:** Se determina un enfoque sistemático para reunir y poder medir la información obtenida de diversas fuentes, esto con el fin de exponer un panorama completo y preciso.

**Preprocesamiento:** Se filtran los datos obtenidos en la recolección, con el fin de evaluar y visualizar específicamente lo que requiere el modelo propuesto.

**Visualización:** Se propone un entendimiento de los datos basado en una visualización característica y precisa, la cual consta con graficas de barras, geolocalización y filtrado de información.

### IV. RESULTADOS

Se implementa un sistema de información que permite la geolocalización y distribución de varios tipos de peces y sus especies dentro del territorio colombiano; esto se realiza mediante la caracterización de las variables e interviniendo en el proceso de recolección de datos para la creación de un prototipo.

En la Figura 5 se clasifican los datos necesarios e importantes para lograr el objetivo de la investigación;

tales como el orden de los peces según su clase y el orden por medio de su departamento.

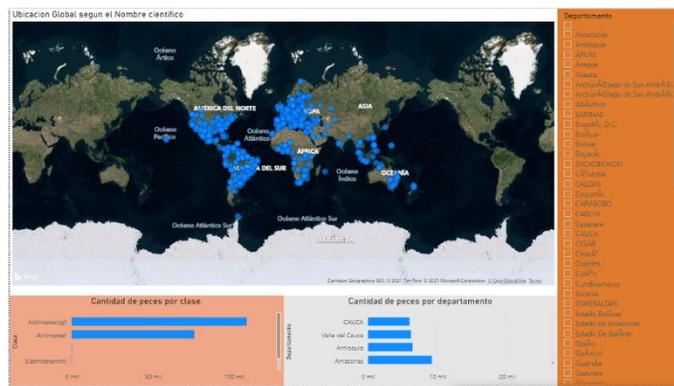


Fig 5. Vista completa del aplicativo.

En la figura 6 Se muestra la cantidad registrada de cada especie de pez según su clase en cada departamento.

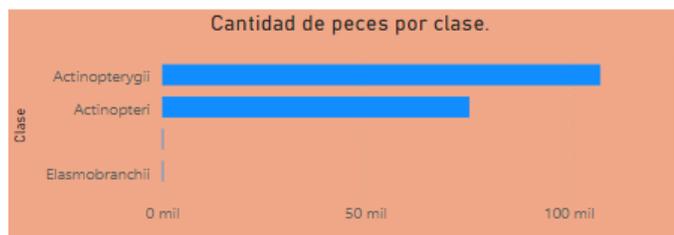


Fig 6. Cantidad de peces por clase

En la Figura 7 Se nos muestra la cantidad de peces que se pueden encontrar en los departamentos.



Fig 7. Cantidad de peces por departamento.

Se consta de una base de datos de origen nacional, esta se encuentra en el repositorio SIB (Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia) [34], esta base de datos se escoge porque tiene como componentes la clasificación de las especies, que en este caso es el nombre científico de los peces, su Ubicación, el Departamento en donde habita y su orden.

La modificación y caracterización de los datos no es ajena, ya que esto permite la validación de la información adquirida, el entendimiento y la manipulación de la misma, logrando así una organización en cuanto al renombramiento de datos, filtración de datos y visualización de gráficas para una mayor comprensión sobre el objetivo planteado.

En la Figura 8 Se nos muestra una lista de departamentos registrados, de modo que al escoger uno, las gráficas y el mapa se adaptan para mostrar la información según el departamento escogido.

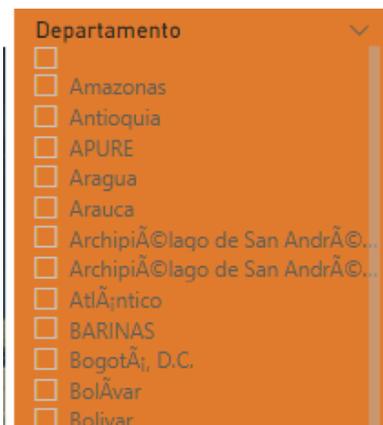


Fig 8. Filtrado por departamentos.

En la Figura 9 Se nos muestra la cantidad de especies que habitan en el departamento seleccionado (Antioquia).

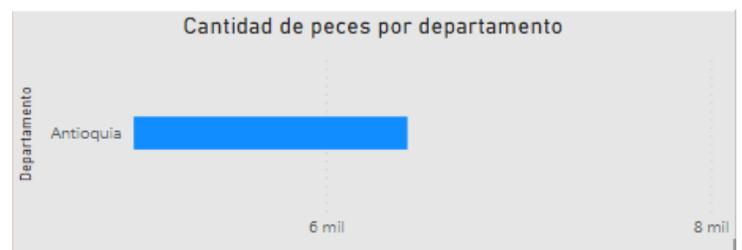
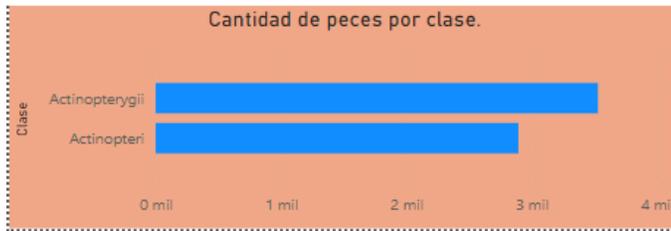


Fig 9. Cantidad de especies el departamento seleccionado.

En la Figura 10 Se nos muestran la cantidad de especies de las clases de peces que habitan en el departamento seleccionado (Antioquia).



**Fig 10. Cantidad de peces por clase según el departamento seleccionado.**

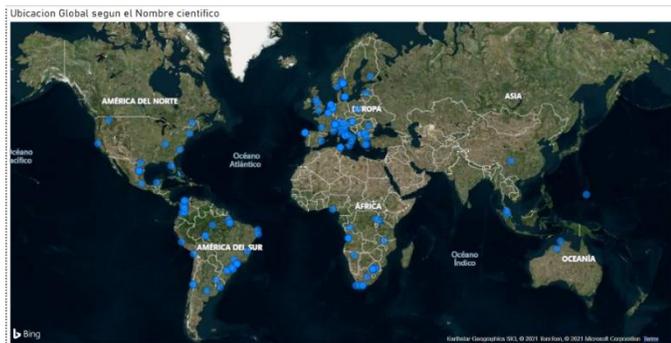
La estructuración de los datos y su representación gráfica cuenta con una vista agradable y sencilla; para que los usuarios puedan interactuar y entender la información suministrada. En esta representación, se exponen graficas por orden de departamentos, por orden de clases, y su geolocalización.

En la Figura 11 Se nos muestran en un mapa la ubicación de las especies según su nombre científico.



**Fig 11. Orden y geolocalización.**

En la Figura 12 Se nos muestran las ubicaciones de las especies según especie seleccionada.



**Fig 12. Orden y geolocalización según especie seleccionada.**

Lo anterior nos muestra como la aplicación de técnicas de machine learning, son beneficiosas para identificar patrones complejos en los datos y de esa manera tener

una predicción sobre que zonas de pesca son adecuadas, información precisa de cada especie, patrón de distribución de diferentes especies, así como otra información asociada a procesos de reproducción y pesca..

## V. CONCLUSIONES

Basándose en los aportes principales y el impacto esperado de este artículo, se busca que el sistema de información geolocalice y distribuya las especies de peces, esto con el fin de facilitar su búsqueda minimizando el tiempo de pesca, brindando así una eficacia a la hora de obtener una o más especies de peces. Los dedicados a la práctica pesquera ya sea de bajura o altura, serán beneficiados al no tener la necesidad de pasar largos periodos de tiempo navegando por un rio o lago.

La herramienta que se propone en este modelo, se aplica eficientemente al objetivo planteado de este artículo, ya que los procesos de requerimientos, recolección, preprocesamiento y visualización, nos proporcionan vistas interactivas de datos, y por medio de ellas una caracterización de las especies de peces a lo largo de los departamentos de Colombia.

También propone una mejora en la economía relacionada al consumo del pescado, porque al ser más fácil localizarlos se podrá pescar una mayor cantidad de especies para ser vendidas en menor tiempo de lo que usualmente lleva conseguirlos, sin embargo, no quiere decir que se haría pesca excesiva de una o más especies, debido a que el proyecto está ligado a la AUNAP, y es esta entidad es la que decide la temporada de veda, la cual es el periodo de tiempo en que una o más especies no pueden ser capturadas bajo ninguna circunstancia, con el fin de preservar la especie y esta pueda seguir siendo obtenida para fines de consumo o de comercio.

La pesca es una de las actividades eco-sociales con más auge en la costa caribe colombiana, es por ello que una adecuada práctica de la misma, No solo beneficiaría a las especies o su ambiente, sino que también a la economía y sus aplicaciones industriales y profesionales en el ámbito social.

## VI. REFERENCIAS

- [1] H Chasqui Velasco. J. D González. (2019, agosto 30) Peces registrados en ambientes mesofóticos de Bajo Frijol, la porción más somera del Parque Nacional Corales de Profundidad, usando buceo técnico CCR (vol.48, no.1) [Online]. Disponible: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-97612019000100089&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-97612019000100089&lang=es)
- [2] J. J Gallego Zerrato. A Giraldo. (2018. Jan-June) Spatial and temporal variation of fish larvae in a hypersaline bay of the Colombian Caribbean (vol.41, no.1) [Online]. Disponible: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-97612018000100117&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-97612018000100117&lang=es)
- [3] J. Atencio García. M. Prieto Guevara. V. Pertuz Buelvas. J. Ayazo Genes. M. Del Pilar Dorado. E. Navarro. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LARVICULTURA DE BOCACHICO *Prochilodus magdalenae* UTILIZANDO
- [4] L. Judson. V. Solís. (12 de diciembre de 2015) Impacto de la pesca costera de camarón en los medios de vida y la seguridad alimentaria de mujeres y jóvenes en Tárcoles en Costa Rica. [Online] Disponible: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/5156/515653586009/index.html>
- [5] González-Gamboa. A. Santos-Martínez. Y. Herrera-Martínez. (2019) POSIBLE RESPUESTA DE LA ESTRUCTURA FUNCIONAL DE CORAL REEF Y LA ABUNDANCIA DE SNAPPER A LA DEGRADACIÓN AMBIENTAL EN LA ISLA SAN ANDRES, COLOMBIA. [Online] Disponible: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-548X2019000100086&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2019000100086&lang=es)
- [6] A. Acero. A. Polanco F. (2017) Biodiversidad íctica de los mares colombianos: riqueza amenazada. (vol.41 no.159) [Online] Disponible: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-39082017000200200&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082017000200200&lang=es)
- [7] CLAUDIA P. CEBALLOS. I. ROMERO. C. GÓMEZ-SALDARRIAGA. K. MIRANDA. (2014) REPRODUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA TORTUGA DEL RÍO MAGDALENA (*Podocnemis lewyana*) EN EL RÍO CLAROCOCORNÁ SUR, COLOMBIA. (vol.19 no.3) [Online] Disponible: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-548X2014000300006&lang=pt](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2014000300006&lang=pt)
- [8] Carlos A. Lasso Y Mónica A. Morales-Betancourt. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (2011) Catálogo De Los Recursos Pesqueros Continentales De Colombia. (Primera edición - Impreso en Bogotá, D. C., Colombia). [Online] Disponible: <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/11970>
- [9] How emerging data technologies can increase trust and transparency in fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, Volume 77, Issue 4, July-August 2020, Pages 1286–1294. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz036>
- [10] Automatic fish detection in underwater videos by a deep neural network-based hybrid motion learning system. *ICES Journal of Marine Science*, Volume 77, Issue 4, July-August 2020, Pages 1295–1307. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz025>
- [11] Automatic segmentation of fish using deep learning with application to fish size measurement. *ICES Journal of Marine Science*, Volume 77, Issue 4, July-August 2020, Pages 1354–1366. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz186>
- [12] Improving Fishing Pattern Detection from Satellite AIS Using Data Mining and Machine Learning. *PLOS ONE* 11(9): e0163760. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163760>

fish early life history.

- [13] Architecture for Trajectory-Based Fishing Ship Classification with AIS Data. Received: 8 June 2020 / Revised: 30 June 2020 / Accepted: 3 July 2020 / Published: 6 July 2020  
<https://doi.org/10.3390/s20133782>
- [14] Mudliar S.L., Shashank S. & Chandak M. Journal of Indian Associations For Environmental Management Vol. 39 No.1-4 (2019) Machine Learning Model to Predict Potential Fishing Zone.  
<http://op.niscair.res.in/index.php/JIAEM/article/view/30486/465477337#>
- [15] Jennifer L Shepperson, Niels T Hintzen, Claire L Szostek, Ewen Bell, Lee G Murray, Michel J Kaiser ICES Journal of Marine Science, Volumen 75, Número 3, Mayo-Junio 2018, Páginas 988–998,  
<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsx230>  
Publicado: 26 Diciembre 2017 The effect of data coverage and vessel position recording frequency on estimates of fishing footprints.
- [16] Kenneth G. Foote ICES Journal of Marine Science, Volumen 45, Número 1, 1988, Páginas 93–96,  
<https://doi.org/10.1093/icesjms/45.1.93>  
Publicado: 01 Enero 1988 Scheme for displaying fish position data in real time
- [17] Gary Melvin, Yanchao Li, Larry Mayer, Allan Clay ICES Journal of Marine Science, Volumen 59, Número 1, 2002, Páginas 179–189,  
<https://doi.org/10.1006/jmsc.2001.1124>  
Publicado: 01 Enero 2002 Commercial fishing vessels, automatic acoustic logging systems and 3D data visualization.
- [18] Bernard A. Megrey, Sarah Hinckley, Elizabeth L. Dobbins ICES Journal of Marine Science, Volumen 59, Número 1, 2002, Páginas 203–215,  
<https://doi.org/10.1006/jmsc.2001.1150>  
Publicado: 01 Enero 2002 Using scientific visualization tools to facilitate analysis of multi-dimensional data from a spatially explicit, biophysical, individual-based model of marine
- [19] Tim E. Ryan, Ryan A. Downie, Rudy J. Kloser, Gordon Keith Notas del autor ICES Journal of Marine Science, Volumen 72, Número 8, septiembre/Octubre 2015, Páginas 2482–2493,  
<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv121>  
Publicado: 08 Agosto 2015 Reducing bias due to noise and attenuation in open-ocean echo integration data.
- [20] Universidad de Costa Rica, Costa Rica (2017) Recomendaciones de manejo basadas en indicadores para la pesca artesanal con líneas de fondo en Costa Rica, Centroamérica. [Online] Disponible:  
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/449/44950834004/index.html>
- [21] Carlos Emanuel Sautchuk – Universidade de Brasília (2012) Cine-weapon The poiesis of filming and fishing. [Online] Disponible:  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=406941914015>
- [22] Mauricio Valderrama (2019) El hábitat de los peces se está degradando de forma muy acelerada. [Online] Disponible:  
<https://es.mongabay.com/2019/07/peces-de-agua-dulce-en-colombia-rio-magdalena-pesca/>
- [23] Andres Pinzon (2018) VEDA EN LA PESCA COLOMBIANA. [Online] Disponible:  
<https://pescasalvaje.com/veda-en-la-pesca-colombiana/>
- [24] Luis Manjarrés Martínez, Félix Cuello, Luis Orlando Duarte y Rubén Acevedo. Universidad del Magdalena, Laboratorio de Investigaciones Pesqueras (2014) EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DEL EFECTO DE DISPOSITIVOS REDUCTORES DE PESCA ACOMPAÑANTE EN UNA PESQUERÍA ARTESANAL DE ARRASTRE CAMARONERO DEL GOLFO DE SALAMANCA, CARIBE COLOMBIANO. [Online] Disponible:  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_a](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_a)

[rttext&pid=S0122-97612014000200005&lang=es](http://www.scielo.org.co/?url=http%3A%2F%2Fwww.scielo.org.co%2Fscielo.php%3Fscript%3Dsci_arttext%26pid%3DS0122-97612014000200005&lang=es)

- [25] Farit Rico-Mejía y Mario Rueda. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR) (2007) EVALUACIÓN EXPERIMENTAL BIOECONÓMICA DE CAMBIOS EN LA TECNOLOGÍA DE CAPTURA DE CAMARÓN CON REDES DE ARRASTRE EN AGUAS SOMERAS DEL PACÍFICO COLOMBIANO. [Online] Disponible: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-97612007000100005&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-97612007000100005&lang=es)
- [26] María H. Olaya Rodríguez, María D. Escobar Lizarazo, Alexi Cusva, Carlos A. Lasso Alcalá, María C. Londoño Murcia (2016) Mapeo del servicio ecosistémico de alimento asociado a la pesca en los humedales interiores de Colombia. [Online] Disponible: [http://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia\\_Austral/article/view/261](http://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/view/261)
- [27] Carlos Guillermo Barreto Reyes (2017) Producción Pesquera De La Cuenca Del Río Magdalena: Desembarcos Y Estimación Ecosistémica. [Online] Disponible: <http://sepec.aunap.gov.co/Home/VerPdf/63>
- [28] Célio. L Bernardes. Rodrigo. D Navarro. B. Guerra-Santos. R. Fortes-Silva. (2015, Marzo 13) Effects of dietary carbohydrate/lipid ratios on growth, body composition, and nutrient utilization of hybrid catfish. (vol.29, no.1) [Online]. Disponible: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-06902016000100008&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902016000100008&lang=es)
- [29] Esteban Gutierrez (2018) ¿Qué es la pesca deportiva?. [Online] Disponible en: <https://www.lapesca.org/la-pesca-deportiva/>
- [30] Vivas-Aguas1, Espinos, & Parra Henríquez, (2012) IDENTIFICACIÓN DE FUENTES TERRESTRES DE CONTAMINACIÓN Y CÁLCULO DE LAS CARGAS DE CONTAMINANTES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA, CARIBE COLOMBIANO  
read://http\_www.scielo.org.co/?url=http%3A%2F%2Fwww.scielo.org.co%2Fscielo.php%3Fscript%3Dsci\_arttext%26pid%3DS0122-97612013000100001%26lang%3
- [31] (Bofill-Mas, y otros, 2005) EFECTOS SOBRE LA SALUD DE LA CONTAMINACIÓN DE AGUA Y ALIMENTOS POR VIRUS EMERGENTES HUMANOS ([http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1135-57272005000200012](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272005000200012))
- [32] (ARBOLEDA, 2013) 8 TIPOS DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA <https://vidamasverde.com/2013/8-tipos-de-contaminacion-del-agua/>
- [33] J.R. García-González, P.A. Sánchez-Sánchez, "Diseño teórico de la investigación: instrucciones metodológicas para el desarrollo de propuestas y proyectos de investigación científica". Información Tecnológica. vol. 31 (6) p.159 - 170 ,2020, DOI: 10.4067/S0718-07642020000600159
- [34] Portal de datos, SIB (Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia). <https://datos.biodiversidad.co/search/species>
- [35] B. Londoño González y P. A. Sánchez-Sánchez, "Algoritmo Novedoso Para la Detección de Tareas Repetitivas en el Teclado", Investigación e Innovación en Ingenierías, vol. 3, (2), jul. 2015.
- [36] B. De la hoz, O. Canchano, L. Coronado, P. Sánchez Sanchez, "Redes neuronales para pronóstico de series de tiempo hidrológicas del Caribe colombiano", Investigación y Desarrollo en TIC, vol. 10, (2), pp. 18-31., 2019.