



## **Pesca Tecnológica y Sostenible con Drones**

### *Autores*

Jhon Estid Ramírez Betancourt

Manuel Alfonso Ramos Gallego

Wilmer Hans Ruiz Castro

### *Asesora*

Figueroa Hernandez Diana Paola

Universidad Ean

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Industrial

Asignatura de Proyecto de Integración

Bogotá, Colombia

15 de junio de 2025

# Pesca Tecnológica y Sostenible con Drones

## Resumen

Este estudio exploró el potencial de los drones en la pesca artesanal del Golfo de Morrosquillo, específicamente en los municipios de San Antero, Coveñas y Santiago de Tolú. La investigación partió de los desafíos actuales del sector, como la disminución de la captura, el aumento en los costos operativos, la contaminación marina y el bajo nivel de tecnificación.

A través de una metodología mixta que incluyó análisis literario, narración de historias de vida, observación no participativa, lluvia de ideas, pruebas piloto con el Dron DJI Mavic 2 Pro, y una encuesta a 66 pescadores, con el fin de analizar cómo esta tecnología podría fomentar una pesca más eficiente y sostenible.

Las pruebas, aunque sin actividades directas de pesca con drones, permitieron observar su capacidad para detectar cardúmenes, lo que sugiere una significativa reducción de recorridos innecesarios, disminuyendo el tiempo de búsqueda, una mejor planificación de las faenas y un consecuente ahorro energético.

Pese a barreras como la resistencia al cambio por parte de algunos pescadores, la limitada capacitación y la falta de acceso a esta tecnología, se concluye que los drones podrían representar una herramienta útil para avanzar hacia prácticas pesqueras más responsables y sostenibles.

***Palabras clave:*** Drones, pesca artesanal, sostenibilidad, eficiencia, Golfo de Morrosquillo.

## Abstract

This study explored the potential of drones in artisanal fishing in the Gulf of Morrosquillo, specifically in the municipalities of San Antero, Coveñas, and Santiago de Tolú. The research was based on the current challenges faced by the sector, such as declining fish catches, rising operational costs, marine pollution, and a low level of technological adoption.

A mixed-methods approach was used, including literature review, life story narratives, non-participant observation, brainstorming sessions, pilot tests with the DJI Mavic 2 Pro drone, and a survey conducted with 66 fishermen. The aim was to analyze how this technology could promote more efficient and sustainable fishing practices.

Although no direct fishing activities were carried out using drones, the pilot tests demonstrated their ability to detect fish schools. This suggests a potential reduction in unnecessary travel, improved search time, better planning of fishing efforts, and resulting energy savings.

Despite barriers such as resistance to change from some fishermen, limited training, and lack of access to this technology, the study concludes that drones could be a useful tool to advance toward more responsible and sustainable fishing practices.

**Keywords:** Drones, artisanal fishing, sustainability, efficiency, Gulf of Morrosquillo.

## Tabla de Contenido

Introducción.....	05
Antecedentes.....	07
Planteamiento del Problema.....	08
Objetivos.....	22
Justificación.....	23
Análisis de Requerimientos.....	26
Marco de referencia.....	36
Análisis de Restricciones.....	52
Metodología.....	59
Resultados.....	78
Conclusiones.....	99
Apreciaciones.....	103
Recomendaciones .....	105
Referencias bibliográficas.....	107

## Introducción

La pesca artesanal ha sido durante décadas una de las principales actividades económicas de las comunidades costeras del Golfo de Morrosquillo, en los municipios de San Antero, Coveñas y Santiago de Tolú. Más allá de su valor económico, esta práctica representa una tradición cultural y una fuente crucial de seguridad alimentaria para muchas familias que habitan en la región (Grijalba-Bendeck, Bustos-Montes & Posada-Peláez, 2012, p. 7). Sin embargo, este sector enfrenta crecientes amenazas derivadas de factores como el cambio climático, la sobreexplotación pesquera, el deterioro ambiental y la limitada incorporación de tecnología (Eida Luz Silva Beleño, Geomar Molina Bolívar, & Jiménez-Pitre, I., 2022, pág. 290).

Los ecosistemas marinos del Caribe colombiano, pese a su riqueza biológica, están cada vez más expuestos a los efectos adversos de la actividad humana. La contaminación hídrica, el uso de técnicas de pesca nocivas y la pérdida de biodiversidad afectan directamente la productividad pesquera, lo cual repercute en la calidad de vida de las comunidades (Contreras Cascales, 2011, p. 308).

Adicionalmente, el cambio climático ha alterado los patrones migratorios y reproductivos de muchas especies, dificultando su localización y reduciendo la eficiencia de las faenas de pesca (Catalina Orjuela Martínez, Lizeth Natalia, B. G., & Danys Camila, C. C., 2021). Frente a este escenario complejo, surge la necesidad urgente de adoptar soluciones innovadoras que contribuyan tanto a mejorar la productividad como a reducir el impacto ambiental de esta actividad.

En este contexto, la tecnología de los drones aparece como una alternativa prometedora. Estos vehículos aéreos no tripulados, equipados con cámaras de alta resolución y sensores especializados, han demostrado utilidad en sectores como la agricultura, la seguridad y la construcción, (Caldevilla-Domínguez, D., Blanco-Pérez, M., & Barrientos-Báez, A., 2022, pág. 166). Su capacidad para realizar monitoreo aéreo, capturar imágenes de alta precisión y cubrir amplias zonas en poco tiempo lo podría convertir en una herramienta útil para el sector pesquero, particularmente en la identificación de cardúmenes (Chirayath & Earle, 2016).

En consecuencia, esta investigación tiene como propósito analizar la posible aplicabilidad de los drones en la pesca artesanal del Golfo de Morrosquillo, evaluando su posible contribución a la eficiencia operativa, la reducción del consumo de recursos como el combustible, y la minimización de impactos negativos sobre los ecosistemas marinos. Además, se busca identificar las barreras sociotécnicas y económicas que podrían dificultar su adopción por parte de los pescadores. A través de una metodología mixta, que combina técnicas cualitativas y cuantitativas, se espera generar evidencia útil para la toma de decisiones tanto a nivel comunitario como institucional, y aportar al diseño de estrategias más sostenibles para la gestión de los recursos pesqueros en el Caribe colombiano.

## Antecedentes

Los municipios de San Antero (Córdoba), Coveñas y Santiago de Tolú (Sucre) están localizados en el Golfo de Morrosquillo, una zona del litoral Caribe colombiano reconocida por su atractivo turístico y biodiversidad marina. Estas tres localidades concentran una población total de 78.131 habitantes, con una distribución poblacional del 37% en San Antero, 22% en Coveñas y 41% en Santiago de Tolú (DANE, 2018).

La pesca artesanal, además de representar una actividad económica esencial, ha sido una práctica históricamente arraigada en la vida de las comunidades locales. En muchos hogares, constituye una fuente directa de sustento y alimentación, lo que le otorga un papel estratégico en la economía doméstica y la seguridad alimentaria (Grijalba-Bendeck, M., Bustos-Montes, D., Posada-Peláez, C., 2012, pág. 07).

En términos económicos, las dinámicas productivas de la región muestran particularidades, en Coveñas, por ejemplo, el turismo y la industria manufacturera lideran el desarrollo económico, mientras que la pesca y la agricultura tienen menor participación (Mapa de Oportunidades Territoriales Sector Cultural, 2022). En San Antero, las actividades agropecuarias y pesqueras representan el 13% del tejido económico local (DANE, 2020), y en Santiago de Tolú, la economía gira principalmente en torno a la pesca y el turismo (Alcaldía de Santiago de Tolú, 2025).

No obstante, esta actividad enfrenta una serie de desafíos que comprometen su viabilidad futura. Entre ellos se destacan la reducción de los volúmenes de captura, el aumento progresivo de los costos operativos y los impactos generados por métodos extractivos que no siempre responden a criterios de sostenibilidad.

También influyen factores externos como el avance de la pesca industrial y los efectos del cambio climático sobre los sistemas marinos y fluviales. Estos elementos han venido modificando el entorno ecológico de manera significativa, afectando la disponibilidad de especies y dificultando las condiciones para mantener la actividad pesquera como fuente de ingreso estable en la región.

### **Planteamiento del Problema**

La pesca artesanal en los municipios de San Antero (Córdoba), Coveñas y Santiago de Tolú (Sucre) atraviesa diversas problemáticas estructurales que comprometen tanto su sostenibilidad ambiental como su viabilidad económica, entre los factores más relevantes se encuentran la disminución progresiva de los recursos marinos disponibles, el aumento de los costos necesarios para llevar a cabo las faenas y los efectos adversos de ciertas prácticas pesqueras perjudiciales, que han generado un escenario de incertidumbre sobre la continuidad de esta actividad.

A ello se suma el impacto del cambio climático en la región, el cual ha alterado significativamente los patrones de distribución de los peces, dificultando la identificación precisa de las zonas óptimas para realizar capturas.

Ante esta situación, los pescadores se ven obligados a emplear más tiempo, esfuerzo físico, recursos materiales y económicos para encontrar cardúmenes. Esto implica trayectos de navegación más largos y costosos, lo cual no solo reduce la eficiencia de las jornadas, sino que además incrementa el impacto ambiental debido al mayor uso de combustibles y otros insumos.

### **Oportunidad Tecnológica: El uso de drones en la pesca artesanal.**

Antes de profundizar en el uso de esta tecnología, es importante comprender qué es un dron. Según González Herrera, R., Ucán Navarrete, J. P., Sánchez y Pinto, I., Medina Esquivel, R., Árcega Cabrera, F., Zetina Moguel, C., & Casares Salazar, R. (2019), un dron es un vehículo aéreo no tripulado, controlado por radio y recuperable, cuyas características pueden variar en tamaño, diseño, nivel tecnológico (GPS, giroscopios, etc.), autonomía y capacidad, (pág. 326).

Estos dispositivos permiten la captura de imágenes aéreas, vídeos y una amplia gama de datos mediante cámaras de alta resolución u otros sensores especializados (González Herrera, R., Ucán Navarrete, J. P., Sánchez y Pinto, I., Medina Esquivel, R., Árcega Cabrera, F., Zetina Moguel, C., & Casares Salazar, R. 2019, pág. 326).

La versatilidad de estos dispositivos ha permitido su incorporación en múltiples sectores como la agricultura, la arquitectura, la mensajería, la seguridad, entre otros (Caldevilla-Domínguez, D., Blanco-Pérez, M., & Barrientos-Báez, A., 2022, pág. 166). En cuanto a sus aplicaciones prácticas, Pérez-Sánchez, H. A., Benítez-Rendón, E. U., & Díaz-Rodríguez, M. (2017) destacan que los drones pueden ser utilizados para tareas de monitoreo, vigilancia, inspección de infraestructuras, búsqueda y rescate, detección de incendios o filmación (pág. 66).

Además, estos autores señalan que la fotografía aérea ofrece una perspectiva valiosa para distintas disciplinas, desde la elaboración de mapas y la exploración arqueológica, hasta el seguimiento de actividades agrícolas, silvícolas, ganaderas y acuícolas.

La posibilidad de integrar sensores ópticos específicos permite, además, el desarrollo de sistemas computacionales capaces de mejorar significativamente estas áreas (Pérez-Sánchez, H. A., Benítez-Rendón, E. U., & Díaz-Rodríguez, M., 2017, pág. 66).

### **Pregunta Problema.**

Considerando este panorama, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿De qué manera la aplicación de tecnología basada en drones influye en la eficiencia de la pesca artesanal en términos de lograr tener un resultado favorable para las ventas de la pesca, la reducción de residuos y el impacto ambiental de la pesca en las comunidades de San Antero, Coveñas y Santiago de Tolú pertenecientes al Golfo de Morrosquillo?

Esta interrogante orienta el propósito del estudio, con el fin de aportar información descriptiva respecto a la posible aplicabilidad del empleo de drones en la pesca artesanal, a lo que es de destacar, la importancia de analizar más en profundidad la posible influencia en la reducción de residuos y el impacto ambiental.

### **Brecha de Conocimiento y Necesidad de Innovación Tecnológica en la Pesca Artesanal del Golfo de Morrosquillo (San Antero, Coveñas y Santiago de Tolú)**

Pese a la creciente disponibilidad de tecnologías emergentes como los drones y su demostrada aplicabilidad en sectores como la agricultura, la seguridad, la cartografía y el monitoreo ambiental, entre otras áreas, en el caso de su aplicabilidad en la pesca, o en su defecto, en el contexto específico de la pesca artesanal del Golfo de Morrosquillo, no existen estudios suficientes ni experiencias sistematizadas que evalúen su implementación como herramienta de apoyo para mejorar la eficiencia, reducir residuos y mitigar el impacto ambiental.

Actualmente, las comunidades pesqueras de San Antero, Coveñas y Santiago de Tolú enfrentan condiciones que afectan gravemente la sostenibilidad de su actividad, como la sobreexplotación de los recursos, el incremento de los costos operativos y las consecuencias del cambio climático. Sin embargo, no se dispone de información técnica suficiente que permita valorar en qué medida el uso de drones podría transformar positivamente esta realidad, ni cómo adaptar esta tecnología al contexto específico de la pesca artesanal local.

Esta ausencia de conocimiento práctico y contextualizado representa una brecha que limita la toma de decisiones informadas por parte de los pescadores, autoridades y otros actores del sector. Por ello, el presente estudio se orienta a explorar este vacío, con el fin de analizar el posible potencial de los drones como alternativa innovadora y sostenible para mejorar las condiciones de pesca en el Golfo de Morrosquillo.

Es importante señalar que, si bien el uso de drones podría representar una herramienta prometedora para fortalecer la pesca artesanal y generar beneficios significativos para las comunidades pesqueras, también es fundamental anticipar y evaluar sus posibles efectos sobre los ecosistemas marinos. A futuro, será necesario que nuevas investigaciones analicen con rigurosidad científica el posible impacto ecológico derivado del uso intensivo de esta tecnología.

Una implementación descontrolada o sin criterios ambientales claros podría traducirse en una presión adicional sobre las especies y hábitats marinos, especialmente si se promueve la sobreexplotación de recursos mediante una mayor precisión en la localización de cardúmenes.

Por ello, resulta clave acompañar la adopción de drones con estrategias de manejo ambiental sostenibles, que prevengan riesgos y aseguren la conservación de los ecosistemas. Entre estas, se podrían considerar la implementación de zonas de reserva o protección marina, la promoción del piscicultivo como alternativa complementaria a la pesca extractiva, la regulación del número de vuelos y frecuencia de uso de drones, el establecimiento de temporadas de veda, la educación ambiental y capacitación en pesca responsable, la reforestación de manglares y protección de áreas costeras, el fomento del ecoturismo marino, la participación comunitaria en

la gestión de recursos y el diseño de protocolos de uso responsable de drones para el monitoreo y no para la sobreexplotación, entre otras posibles estrategias. Solo así será posible garantizar que esta innovación tecnológica contribuya a una pesca verdaderamente sostenible, equilibrando la productividad con la protección del medio marino a largo plazo.

### **Beneficios Esperados.**

#### ***Reducción del Impacto Ambiental en el Ecosistema Marino.***

La incorporación de drones en la pesca artesanal podría ofrecer el potencial de mejorar la eficiencia operativa de las faenas, ya estos Vehículos Aéreos No Tripulados, podrían ser empleados en la localización de cardúmenes de peces, así como el monitoreo de estos, con el fin de recopilar datos que permitan analizar aspectos clave como el comportamiento, la ubicación geográfica, los tipos de hábitats que ocupan, entre otros aspectos que podrían ser importantes, (Guevara-Bonilla, Mario, Meza-Leandro, Ana Sofía, Esquivel-Segura, Edwin Antonio, Arias-Aguilar, Dagoberto, Tapia-Arenas, Andrea, & Masís-Meléndez, Federico., 2020, pág. 83).

Por otro lado, esta precisión puede traducirse en una notable disminución de recorridos innecesarios por parte de las embarcaciones, lo cual podría tener efectos directos en la reducción del consumo de combustible fósil, ya que, al optimizar las rutas de navegación, se espera una menor emisión de gases contaminantes, como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otras partículas derivadas de la combustión de motores, contribuyendo así a una disminución de la huella ecológica de la actividad pesquera, (Meneses Guerra, L. V., 2023, pág. 09).

Otro beneficio ambiental importante es la posible disminución del uso de prácticas pesqueras nocivas, como el empleo de explosivos para capturar peces, o el uso de artes no selectivas que dañan el fondo marino y afectan a especies no objetivo, en este contexto, los drones también representan una herramienta estratégica para reforzar la vigilancia en zonas de pesca, ya que permiten identificar y disuadir embarcaciones que realizan actividades ilegales dentro de áreas marinas protegidas. Además, su implementación ha demostrado ser eficaz para reducir los tiempos y costos asociados a las labores de patrullaje, lo que favorece una gestión más eficiente y sostenible de los recursos pesqueros, (Guevara-Bonilla, Mario, Meza-Leandro, Ana Sofia, Esquivel-Segura, Edwin Antonio, Arias-Aguilar, Dagoberto, Tapia-Arenas, Andrea, & Masís-Meléndez, Federico., 2020, pág. 83).

También se podría reducir el arrojado indiscriminado de residuos sólidos y orgánicos al mar, una problemática recurrente que afecta la calidad del agua y la salud de los ecosistemas, (Contreras, Cascales, S., 2011, pág. 308). Asimismo, al reducir el tiempo y esfuerzo invertido en la búsqueda de zonas de pesca, los pescadores podrían planificar mejor sus jornadas, minimizando el desgaste físico y el uso excesivo de recursos.

En conjunto, el uso estratégico y controlado de drones, podría representar una oportunidad para avanzar hacia una pesca artesanal más limpia, eficiente y ambientalmente responsable, en equilibrio con la conservación de los ecosistemas marinos del Golfo de Morrosquillo.

### ***Ahorro de Tiempo y Recursos para los Pescadores.***

La integración de drones en la pesca artesanal podría representar una herramienta estratégica para incrementar la eficiencia operativa y reducir el desgaste de tiempo, esfuerzo y recursos económicos por parte de los pescadores. Actualmente, gran parte de la jornada se invierte en largas búsquedas de cardúmenes sin garantía de éxito, lo que implica un elevado consumo de combustible, aumento de los costos operativos y una mayor exposición a condiciones climáticas adversas, esto, de acuerdo a la información recopilada en la aplicación de la encuesta a un total de 66 pescadores, oriundos de los municipios de San Antero, Coveñas y Santiago de Tolú, resultados que serán reflejados más adelante en el apartado de resultados del presente trabajo académico.

**Tabla 1: Resultados.**

<b>Etiquetas de fila</b>	<b>¿Cuántas horas dedica al día en el trabajo de la pesca?</b>
03 horas a 04 horas	33
05 horas a 09 horas	27
Superiores a 10 horas	6
<b>Total general</b>	<b>66</b>

*Nota:* Esta tabla, refleja los resultados obtenidos en la aplicación del instrumento empleado.

La tabla 1, refleja los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la encuesta realizada de forma aleatoria a un total de 66 pescadores de la región del Golfo Morrosquillo, con respecto a las horas invertidas en la faena pesquera, a lo cual el 50% de los pescadores, dedican entre 03 horas a 04 horas, 41% trabajan de 05 horas a 09 horas y solo el 9%, invierten un tiempo superiores a 10 horas.

Con el uso de drones podría ser posible identificar desde el aire las concentraciones de peces en tiempo real, facilitando así una planificación más precisa y efectiva de las faenas, esta capacidad podría reducir la cantidad de desplazamientos innecesarios, mejorando el rendimiento diario.

***Aumento de la Seguridad en las Faenas Pesqueras.***

La implementación de drones en la pesca artesanal no solo podría aportar a la eficiencia operativa y posibles beneficios ambientales, sino que también representa una oportunidad clave para fortalecer la seguridad durante las faenas pesqueras.

En contextos como el del Golfo de Morrosquillo, donde las embarcaciones artesanales suelen operar sin apoyo técnico o comunicación constante, los riesgos asociados a condiciones climáticas adversas, navegación prolongada o accidentes en altamar son significativos.

**Tabla 2: Resultados.**

<b>Días</b>	<b>¿Cuántos días a la semana usted llega con pesca productiva a su casa?</b>
01 a 02 días	19
03 a 04 días	41
05 a 06 días	3
07 días	3
<b>Total</b>	<b>66</b>

*Nota:* Esta tabla, refleja los resultados obtenidos en la aplicación de la encuesta realizada a un total de 66 pescadores artesanales, pertenecientes a la población objeto de estudio.

La tabla 2, refleja los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la encuesta realizada de forma aleatoria a un total de 66 pescadores de la región del Golfo Morrosquillo, a lo que es de destacar que el 62% de la población, se encuentra en una escala de 03 a 04 días de productividad de pesca, el 29%, de 01 a 02 días de productividad, el 5%, de 05 a 06 días y finalmente el otros 5%, 07 días, aspecto que se considera que abre paso a un mayor esfuerzo, inversión de tiempo, de recurso energético y demás en las faenas pesqueras, teniendo en cuenta los pocos resultados favorables o productivos dentro de esta actividad.

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace necesario el empleo de estrategias que permitan contribuir al fortalecimiento de esta actividad económica, sin obviar o pasar por alto, el cuidado y preservación del medio ambiente, teniendo en cuenta la importancia que este represente para el equilibrio natural.

Frente a esto, los drones, al contar con capacidades de monitoreo en tiempo real, pueden detectar variaciones meteorológicas repentinas, como tormentas o vientos fuertes, y alertar a los pescadores con antelación. Asimismo, permiten identificar obstáculos marítimos o grandes embarcaciones, lo que contribuye a reducir la posibilidad de colisiones o incidentes en zonas de tráfico marino.

En situaciones de emergencia, como desorientación, caída al mar o fallas mecánicas, los drones pueden ser utilizados para apoyar operaciones de búsqueda y rescate, transmitiendo imágenes en vivo y enviando coordenadas exactas a los equipos de socorro. Esto puede marcar una diferencia crucial en la capacidad de respuesta ante eventos críticos.

En este sentido, el uso responsable y estratégico del uso drones no solo podría contribuir a las operaciones de pesca, a partir de la localización de cardúmenes de peces, siendo este, el objetivo principal de este trabajo, sino también, de forma indirecta, podría contribuir en la seguridad y el bienestar de los pescadores, de acuerdo con lo siguiente.

**Tabla 3: Principales riesgos.**

<b>Principales riesgos.</b>	<b>¿Cuáles son los principales problemas a los que se debe enfrentar a diario en su actividad como pescador del Golfo Morrosquillo?</b>
Condiciones climatológicas	19
El oleaje	6
Deslizamientos o resbalones dentro de la embarcación	4
Lluvias	4
Golpes de calor	8
A Veces hay olas fuertes y mal viento	3
Brisas fuertes, tormentas eléctricas	3
Caídas al agua sin equipos de flotación	3
La marea y fuertes oleajes	2
Exposición prolongada a altas temperaturas	2
Pesca en zonas alejadas sin respaldo logístico	2
Tormentas	1
El oleaje	4
Fatiga extrema por jornadas prolongadas y mala alimentación	1
Accidentes por fallas del motor o pérdida de control	1
Los fuertes vientos, las olas, las sequías	1
Intoxicación por consumir alimentos o agua contaminada durante la jornada	1
Sobrecarga emocional por ingresos inestables	1
<b>Total general</b>	<b>66</b>

*Nota:* Esta tabla, refleja los resultados obtenidos en la aplicación de la encuesta realizada a un total de 66 pescadores artesanales, pertenecientes a la población objeto de estudio.

La pesca es una actividad que conlleva riesgos significativos, especialmente para los pescadores artesanales que operan en condiciones climáticas adversas y en embarcaciones pequeñas. Los drones podrían desempeñar un papel crucial en la seguridad marítima al proporcionar información meteorológica en tiempo real y detectar algunos de los peligros en el mar, como pudiera ser, las condiciones climáticas adversas, entre otras, ya que, de acuerdo con González Herrera, R., Ucán Navarrete, J. P., Sánchez y Pinto, I., Medina Esquivel, R., Árcega Cabrera, F., Zetina Moguel, C., & Casares Salazar, R. (2019), los Vehículos Aéreos No Tripulados pueden estar dotados de cámaras de alta resolución, (pág. 326), a lo que es de destacar la capacidad de estos, para la transmisión de imagen en tiempo real.

### ***Implementación de Prácticas de Pesca Sostenible.***

El uso de drones en la pesca artesanal podría ser un recurso complementario para avanzar hacia prácticas más sostenibles y ambientalmente responsables, especialmente en comunidades costeras que enfrentan múltiples desafíos económicos y ecológicos. Aunque esta tecnología no resuelve por sí sola los problemas estructurales del sector, podría ayudar a reducir comportamientos nocivos que han puesto en riesgo la salud de los ecosistemas marinos, (Zapata, L. A. (Ed.). 2020., pág. 17).

Entre las prácticas más perjudiciales aún presentes en algunas zonas se encuentran el uso de explosivos, que destruye indiscriminadamente la fauna marina y su hábitat, a ello se suman otras acciones igualmente dañinas, como el uso de redes de arrastre en zonas costeras, (Zapata, L. A. (Ed.). 2020., pág. 17), así como el vertimiento de residuos sólidos, restos de carnadas y envases al mar, la quema de combustible por desplazamientos innecesarios, aumentando la huella de carbono, faenas prolongadas sin gestión de residuos, lo que incrementa el arrojado de basura durante el trayecto, entre otras prácticas.

En este sentido, el uso de drones podría disminuir los recorridos prolongados al facilitar la localización temprana de cardúmenes, lo que reduce el consumo de combustible y las emisiones contaminantes. Al evitar desplazamientos extensos, también se reduce la cantidad de residuos arrojados por los pescadores durante la faena, como empaques, restos de comida o lubricantes, que muchas veces terminan en el mar, como resultado de malas prácticas durante largas jornadas, (Zapata, L. A. (Ed.). 2020).

Además, los drones podrían funcionar como herramienta de observación y monitoreo ambiental, permitiendo identificar zonas sensibles o deterioradas, y apoyando la toma de decisiones más conscientes en el manejo de los recursos, teniendo en cuenta las características tecnológicas que estos pueden tener, como cámaras de alta resolución, (González Herrera, R., Ucán Navarrete, J. P., Sánchez y Pinto, I., Medina Esquivel, R., Árcega Cabrera, F., Zetina Moguel, C., & Casares Salazar, R., 2019, pág. 326).

Acompañado de procesos de formación, este tipo de tecnología tiene el potencial de promover un cambio de mentalidad en torno a la pesca, de una lógica extractiva a una más cuidadosa, equilibrada y sostenible, adaptada a las condiciones del territorio y a la necesidad de conservar el mar para las generaciones futuras.

### ***Protección de Especies Marinas Mediante Monitoreo Tecnológico.***

La implementación de drones con cámaras de alta resolución podría permitir un monitoreo constante de las poblaciones de peces, lo que favorece una identificación temprana de cambios en los ecosistemas, a lo que es de destacar como el monitoreo tecnológico, posibilitaría la detección de actividades ilícitas, como es el caso de la identificación de embarcaciones ilegales de pesca en aguas protegidas, entre otras prácticas peligrosas (Guevara-Bonilla, Mario, Meza-Leandro, Ana Sofía, Esquivel-Segura, Edwin Antonio, Arias-Aguilar, Dagoberto, Tapia-Arenas, Andrea, & Masís-Meléndez, Federico., 2020, pág. 83).

Cada uno de los beneficios abordados hasta aquí dan una idea con respecto al potencial que los vehículos aéreos no tripulados (VANT) podrían representar, no solo en el escenario de la pesca artesanal colombiana, sino también, en su posible aplicabilidad en la conservación de los ecosistemas marinos, así mismo, en la promoción de prácticas pesqueras responsables.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Analizar el posible potencial del uso de los drones en la pesca artesanal del Golfo de Morrosquillo y su posible influencia en la eficiencia pesquera y la reducción de la contaminación marina a partir de prácticas sostenibles.

### **Objetivos Específicos**

- Analizar las condiciones actuales de la pesca en el Golfo de Morrosquillo, identificando los factores que afectan la eficiencia pesquera y la sostenibilidad ambiental, mediante la recopilación y análisis de datos suministrado por la muestra objeto de estudio.
- Diseñar un protocolo de operación para el uso de drones en la pesca artesanal, especificando procedimientos de vuelo, técnicas de detección de cardúmenes y mecanismos de integración con la labor de los pescadores locales.
- Implementar pruebas piloto con el dron DJi Mavic 2 Pro, encaminadas a la detención de cardúmenes de peces en la región objeto de estudio.
- Analizar la posible aplicabilidad del uso de drones en la actividad pesquera de la comunidad objeto de estudio.

## **Justificación**

La pesca artesanal representa una actividad vital para cientos de familias en los municipios de San Antero (Córdoba), Coveñas y Santiago de Tolú (Sucre), ubicados en el Golfo de Morrosquillo, (España Arevalo, A. C. 2020., pág. 11). Más allá de su relevancia económica, esta práctica constituye un elemento esencial de la cultura y de la seguridad alimentaria de estas comunidades costeras, (Grijalba-Bendeck, Bustos-Montes & Posada-Peláez, 2012, p. 7).

Sin embargo, en los últimos años, esta actividad enfrenta un conjunto de desafíos que ponen en riesgo su continuidad y sostenibilidad, entre ellos:

La sobrepesca, el cambio climático, la pérdida de biodiversidad marina y la persistencia de técnicas extractivas poco responsables, (Zapata, L. A. 2020, pág. 21). Uno de los mayores problemas identificados en la pesca artesanal actual es la ineficiencia en la localización de bancos de peces, lo cual obliga a los pescadores a realizar recorridos extensos y prolongados, esto se traduce en un alto consumo de combustible, mayores gastos, desgaste físico y mayor tiempo invertido en cada jornada.

Además, esta problemática operativa, podría incrementar la emisión de gases, el vertimiento de residuos sólidos y aceites durante las faenas, al igual, intensificar la presión sobre ecosistemas frágiles y favorecer prácticas insostenibles como el uso de técnicas de arrastre, explosivos, redes no selectivas, pesca en época de veda, (Zapata, L. A. 2020).

En este contexto, surge la necesidad urgente de explorar e incorporar tecnologías adaptadas al entorno local, que permitan aumentar la eficiencia pesquera, reducir impactos negativos y promover prácticas sostenibles a mediano y largo plazo, en este sentido, los drones (vehículos aéreos no tripulados) se plantean como una herramienta con potencial para apoyar la modernización responsable de la pesca artesanal, ya que su uso, podría facilitar la observación aérea del mar, la detección de cardúmenes y zonas de pesca activas, así como ofrecer información clave para la planificación de las faenas, (Guevara-Bonilla, Mario, Meza-Leandro, Ana Sofía, Esquivel-Segura, Edwin Antonio, Arias-Aguilar, Dagoberto, Tapia-Arenas, Andrea, & Masís-Meléndez, Federico., 2020, pág. 83).

La posibilidad de reducir los desplazamientos innecesarios de las embarcaciones podría implicar una disminución en el consumo de combustible, menos emisiones de carbono y una reducción de residuos arrojados durante trayectos prolongados, (Gobierno de España, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2011., Pág. 4).

al mismo tiempo, los drones podrían servir como dispositivos de monitoreo ambiental comunitario, permitiendo la identificación de zonas sensibles, áreas en recuperación, o prácticas ilegales como la pesca con explosivos o en zonas prohibidas. De esta forma, su implementación podría tener un efecto disuasivo y educativo, promoviendo un cambio de comportamiento dentro de las propias comunidades pesqueras, (Guevara-Bonilla, Mario, Meza-Leandro, Ana Sofía, Esquivel-Segura, Edwin Antonio, Arias-Aguilar, Dagoberto, Tapia-Arenas, Andrea, & Masís-Meléndez, Federico., 2020, pág. 83).

Además, los drones podrían fortalecer la seguridad en las faenas pesqueras, especialmente en condiciones climáticas adversas o en eventos de emergencia, al proporcionar imágenes en tiempo real y ubicación geográfica precisa, especializados (González Herrera, R., Ucán Navarrete, J. P., Sánchez y Pinto, I., Medina Esquivel, R., Árcega Cabrera, F., Zetina Moguel, C., & Casares Salazar, R. 2019, pág. 326).

Este estudio se justifica no solo por la necesidad de identificar los posibles beneficios y limitaciones del uso de drones en el contexto específico del Golfo de Morrosquillo, sino también por su valor como experiencia piloto replicable en otras comunidades costeras del Caribe colombiano y de otras regiones con condiciones similares.

Finalmente, este proyecto también se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en especial el ODS 14 (Vida Submarina), el ODS 12 (Producción y consumo responsables), y el ODS 13 (Acción por el clima), (Bula Escobar, J. I., Guerrero Guerrero, M. F., & Castaño Duque, G. A., 2020, pág. 16), al buscar alternativas tecnológicas que contribuyan a una pesca más eficiente, responsable y ambientalmente viable.

Por todo lo anterior, la presente investigación se considera pertinente y necesaria, ya que aporta herramientas para fortalecer la sostenibilidad, eficiencia, seguridad y resiliencia del sector pesquero artesanal, promoviendo no solo el bienestar económico de las comunidades, sino también la conservación de los ecosistemas marinos para las generaciones futuras.

## **Análisis de Requerimientos**

Teniendo en cuenta la problemática abordada en este proyecto de investigación, siendo el del empleo de drones para la localización responsable de cardúmenes de peces, se consideraría fundamental, la viabilidad e interés de terceros, con capacidad de capital y recursos, para la creación de empresa con miras a dar solución a esta realidad, es de destacar que la posible ubicación espacial, podría corresponder al municipio de Coveñas (Sucre), teniendo en cuenta que este espacio territorial, tiene una ubicación central, ya que se encuentra entre el municipio de San Antero (Córdoba) y Santiago de Tolú (Sucre). Cabe mencionar, que, durante el recorrido físico realizada a principios de mayo de 2025, se pudo identificar que, en dicho sector, se encuentra espacios locativos con las características necesarias para los requerimientos que esta entidad podría requerir inicialmente, es de aclarar que esta empresa o entidad, deberá tener la capacidad de suministrar servicio tecnológico y soporte técnico mediado por drones, con el fin de suministrar un servicio especializado, siendo este el de la localización de cardúmenes de peces.

### **Requerimiento Técnico.**

Las pruebas piloto realizadas con el Dron DJi Mavic 2 Pr, en el mes marzo del año 2024, permitieron identificar como este recurso tecnológico, tiene la capacidad de identificar cardúmenes de peces en ciertos lugares específicos de la región del municipio de Coveñas, como fue, en las coordenadas 9°24'43.4"N 75°40'48.1"W, aproximadamente a 0,5494 Millas Náuticas de la playa Antares de la Base de Entrenamiento de Infantería de Marina.

Algo que es de destacar, es la claridad de las aguas en Coveñas Sucre y en diversos sectores del Golfo de Morrosquillo, lo que facilitó el ejercicio o la operación de vuelo. Ahora, teniendo en cuenta la aplicación de la encuesta a 66 pescadores, pertenecientes a una muestra aleatoria de la población objeto de estudio, se identifica lo siguiente, así:

**Tabla 4: Resultados.**

<b>Etiquetas de fila</b>	<b>Cuenta de ¿Cuál es la jornada de trabajo que emplea en su labor como pescador?</b>
Madrugada	41
Mañana	5
Nocturna	15
Tarde	5
<b>Total general</b>	<b>66</b>

*Nota:* Esta tabla, refleja los resultados obtenidos en la aplicación de la encuesta realizada a un total de 66 pescadores artesanales, pertenecientes a la población objeto de estudio.

El 62% de los pescadores artesanales, prefieren realizar su faena en la madrugada, el 15% en la noche y el 10%, entre la mañana y la tarde, a lo que es de destacar con base a estos resultados que, 77%, prefieren desarrollar su faena en condiciones de poca iluminación, lo cual, abriría el paso al requerimiento de un dron, adaptado con tecnología más avanzada al empleado en esta actividad, como fue Dron DJi Mavic 2 Pr.

Teniendo en cuenta lo anterior, se requiere un dron, con la adaptación adecuada de recursos tecnológicos y de inteligencia, como puede ser, por un lado, cámaras con mayor resolución, con capacidades de visión nocturnas Starlight o de baja luz, entre otros rasgos, como pueden ser los siguientes, así.

**Tabla 5: Requisitos Técnicos Dron.**

No.	Capacidades técnicas	Capacidad
01	Autonomía de vuelo mínima:	01 hora.
02	Alcance:	30 Km.
03	Autonomía de vuelo:	55 Km.
04	Equipado con:	GPS, visión nocturna Starlight o de baja luz, cámaras térmicas (termográficas), 4K (3840 × 2160 px) o superior, sensor multiespectral.
05	Zoom óptico o híbrido:	Útil para ampliar áreas sin perder calidad desde altitudes mayores.
06	Sistema de detención:	Debe contar con sistema de detención de obstáculos por sensores.
07	Resistencia al viento:	Mínimo hasta 38–40 km/h.
08	Características físicas:	Hermético, protección contra salpicaduras y humedad (IP rating).
09	Sistema de seguridad:	Flotadores o tren de aterrizaje flotante.
10	Sistema de Retorno Automático al Punto de Origen (RTH):	Capacidad de retornar al punto de seguridad.
11	Algoritmo tecnológico:	Sistemas de Detección y Conteo de Objetos con Inteligencia Artificial.
12	Seguro contra daños y pérdida total:	Pago de seguro combinado (todo riesgo).

*Nota:* La presente tabla, recopila los datos contemplados en el desarrollo de la técnica de lluvias de ideas (o brainstorming).

Este es el resultado del empleo de la técnica de lluvias de ideas (o brainstorming), mediante este ejercicio, se buscan analizar los posibles requerimientos con lo que debe contar el dron para garantizar una pesca en condiciones adversas y de poca iluminación. Cabe mencionar, que se acude al conocimiento y experiencia de un Operario de vehículos aéreos no tripulados (UAV), así mismo, a las limitantes identificadas en el dron DJi Mavic 2 Pr.

Por otro lado, la adaptabilidad de algoritmos y de inteligencia artificial, podría inclusive en zonas más oscuras y en condiciones de poca iluminación, como puede ser la noche, contribuir no solo a la identificación de cardúmenes de peces, sino inclusive, arrojar un aproximado de los peces que puede haber en un banco determinado, información importante para la toma de decisión y operación de pesca.

**Tabla 6: Drones propuestos para realizar el monitoreo de los cardúmenes.**

<b>Modelo</b>	<b>Autonomía de vuelo</b>	<b>Sensores integrados</b>	<b>Capacidad de carga</b>	<b>Resistencia al agua</b>	<b>Costo aproximado Valor unitario (COP)</b>
DJI Matrice 300 RTK	55 minutos	Cámara térmica, multiespectral, LIDAR, RTK-GPS	2.7 kg	IP45 (resistente a lluvia ligera)	\$48.000.000 – \$55.000.000
SwellPro SplashDrone 4	30 minutos	Cámara 4K, visión nocturna, GPS	2 kg	IP67 (flotante y resistente al agua)	\$15.000.000 – \$20.000.000
Parrot Anafi USA	32 minutos	Cámara térmica FLIR, zoom 32x, GPS	500 g	IP53 (resistente a polvo y lluvia)	\$22.000.000 – \$28.000.000
Autel Evo II Dual 640T	40 minutos	Cámara térmica 640x512, RGB 8K, GPS	1 kg	No especificado	\$18.000.000 – \$25.000.000
WingtraOne Gen II	59 minutos	Cámara multiespectral, RGB, LIDAR, RTK-GPS	800 g	No especificado	\$60.000.000 – \$70.000.000

*Nota:* La presente tabla, relaciona alguno de los Drones analizados en el mercado para el desarrollo de la actividad, (dji., s. f.).

La tabla 6, relaciona alguno de los drones analizados en la red, en esta se relaciona el modelo, la autonomía de vuelo, los sensores, la capacidad de carga, la resistencia al agua, así como su precio o valor actual en el mercado.

### ***Recomendaciones.***

La elección del dron adecuado dependerá de los objetivos específicos del proyecto, las condiciones ambientales del entorno marino y el presupuesto disponible. A continuación, se presentan recomendaciones basadas en distintos criterios técnicos y operativos:

**Presupuesto limitado:** Si los recursos son restringidos, el SwellPro SplashDrone 4 representa una alternativa asequible que ofrece resistencia total al agua, lo cual lo hace ideal para ambientes marinos o lluviosos (SwellPro, s.f.).

**Alta precisión en georreferenciación:** Para levantamientos topográficos o mapeos detallados, los modelos DJI Matrice 300 RTK (DJI, s.f.) y WingtraOne Gen II (Wingtra, s.f.) ofrecen capacidades avanzadas de posicionamiento mediante RTK y sensores profesionales, lo cual los convierte en opciones superiores en cuanto a precisión y calidad de datos.

**Condiciones de baja visibilidad:** Para operaciones nocturnas o en aguas turbias, drones como el Autel EVO II Dual 640T o el Parrot Anafi USA son recomendables, (dji., s.f.), ya que están equipados con cámaras térmicas de alta resolución que permiten la detección de fuentes de calor y visualización en entornos con poca iluminación o visibilidad.

Estas recomendaciones permiten adaptar la tecnología dron a distintos contextos operativos dentro del marco de la pesca artesanal sostenible y la vigilancia ambiental.

### **Requerimientos Humanos.**

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el desarrollo de la encuesta aplicada a una muestra aleatoria total de 66 pescadores artesanales, de los cuales, 34 personas, tienen su lugar de domicilio en el municipio de San Antero, 17 en Santiago de Tolú y 16 en Coveñas. Cabe mencionar, que la fiabilidad del instrumento aplicado corresponde al 90%, con un margen de error del 10%.

Ya población total o general, corresponde a 2141 pescadores artesanales, reportados por la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), a través del oficio No. DRBQ-0047 DE 2024, cuya distribución corresponde a 1096 en el municipio de San Antero, 545 pescadores en el municipio de Santiago de Tolú y 500 en Coveñas, lo que equivale 2.7% de la población general de estos territorios, siendo esta un total de 78,131 habitantes, distribuidos en un 37% personas en el municipio de San Antero, un 22% en Coveñas y 41% en Santiago de Tolú, (DANE, 2018).

Teniendo en cuenta lo anterior, y con base a los resultados obtenidos en la encuesta aplicada a los 66 pescadores, se identifica que el 82% de los pescadores encuestados, estarían dispuestos a hacer uso de recursos tecnológicos como drones, con el fin de fortalecer su actividad pesquera, se destacar que 18%, consideran que esta opción o es viable y no estarían dispuestos a efectuar uso de este recurso tecnológico.

Teniendo en cuenta lo anterior, se requeriría de personal con formación técnica y certificación en operación de drones (avalada por la Aeronáutica Civil), conocimiento básico de meteorología y planificación de vuelo, capacidad para operar el dron en entornos costeros y marinos, familiaridad con normas de seguridad aérea y regulación nacional, habilidades digitales básicas, conocimiento técnico para mantenimiento, entre otros aspectos.

Por otro lado, también se requeriría de recurso humano, con capacidades administrativas, financieras, habilidad para el manejo de equipos cómputos y herramientas de datos, con conocimiento y manejo de atención al cliente, capacidad de redacción, elaboración de base de datos, marketing digital, manejo del público, conocimiento de sistemas integrados, ISO 45001, 9001, 14001, 27001, 31000, entre otros aspectos más que se podrían requerir, en lo cuales no se profundizara, no porque no sean importantes, sino, con el fin de evitar el desvío de los objetivos de este trabajo, alienados con la pregunta problema o interés de este trabajo investigativo.

### **Requerimientos Operativos.**

El requerimiento operativo para el servicio de localización de cardúmenes de peces consta de un proceso de flujo operacional, basado en siete etapas, iniciando con la solicitud del servicio, la planificación del vuelo, el despliegue del dron, la detección y análisis de cardúmenes, transmisión de datos, toma de decisiones, evaluación y optimización, teniendo en cuenta lo anterior, se propone el siguiente flujo, así.

### ***Descripción del Flujo del Servicio.***

El proceso para la detección de cardúmenes y asistencia a los pescadores se compone de varias etapas clave, desde la planificación del vuelo hasta la entrega de datos en tiempo real.

A continuación, se mencionan los pasos involucrados en el flujo de operación, siendo este, el flujo de proceso para el servicio de localización de cardúmenes de peces a partir del empleo de drones, el cual consta de 07 etapas, como a continuación se indican;

La primera etapa inicia con el requerimiento del servicio, seguido de la planificación del vuelo, el despliegue del dron, la detección y análisis de cardúmenes, la transmisión de datos, la toma de decisiones, finalmente, la evaluación y optimización, información que más adelante será detallada en la tabla No. 15, que hace referencia a las etapas del flujo operacional.

### **Requerimientos Financieros.**

Se estima que la inversión inicial para la adquisición y funcionamiento de un dron podría oscilar entre en un rango de \$ = 47.970.000 y \$= 106.470.000, de acuerdo con los costos que a continuación se indican en la tabla No. 07, 08 y 09.

**Tabla 7: Costo unitario para el funcionamiento dron.**

<b>Recurso</b>	<b>Descripción</b>	<b>Método de obtención</b>	<b>Costo estimado en el mercado</b>
Drones de vigilancia y pesca	Equipos con sensores para detección de cardúmenes y monitoreo ambiental	Adquisición mediante proveedores o alianzas institucionales	\$19.500.000 –
			\$39.000.000
Software de análisis de datos	Plataforma para procesamiento de imágenes y detección de patrones Marinos	Desarrollo propio o adquisición de licencias	\$7.800.000 –
			\$19.500.000
Infraestructura de comunicación	Red para transmisión de datos en tiempo real entre drones y Operadores	Instalación de estaciones base y red satelital	\$11.700.000 –
			\$23.400.000

*Nota:* La tabla refleja los valores mínimos y máximos, para la adquisición unitaria de 01 dron, así como la dotación de tecnología avanzada para el desarrollo de la tarea propuesta.

**Tabla 8: Requerimientos de capacitación y formación.**

<b>Recurso</b>	<b>Descripción</b>	<b>Método de obtención</b>	<b>Costo estimado (COP)</b>
Capacitación en pilotaje de drones	Formación para pescadores en el manejo de UAVs para pesca sostenible	Cursos impartidos por expertos o instituciones	\$1.950.000 –
			\$5.850.000 por participante
Capacitación en análisis de datos	Entrenamiento en interpretación de imágenes y patrones de cardúmenes	Talleres o programas en universidades o centros tecnológicos	\$1.170.000 –
			\$3.120.000 por participante

*Nota:* La tabla refleja los valores mínimos y máximos, para la capacitación de recurso humano, (Escamerica, 2025).

La tabla 8, se refleja los posibles valores para el requerimiento de capacitación y formación de una persona, dato que fue consultado de manera física, a dos pilotos de aeronaves no tripuladas, Drones, de la Base de Entrenamiento de Infantería de Marina, ubicada en Coveñas Sucre, quienes suministraron un valor aproximado.

**Tabla 9: Requerimientos legales y regulatorios para la operación de drones en pesca artesanal.**

Recurso	Descripción	Método de obtención	Costo estimado (COP)
Permiso de uso de drones en áreas marítimas	Autorización para operar drones en zonas de pesca y monitoreo ambiental	Tramitación ante la Aeronáutica Civil y autoridades ambientales	\$1.950.000 – \$3.900.000
Normativas de seguridad y cumplimiento	Cumplimiento de regulaciones ambientales y pesqueras para el uso de tecnología	Consultoría legal y asesoría regulatoria	\$3.900.000 – \$11.700.000

*Nota:* La tabla refleja los valores legales y regulatorios para la operación de drones en pesca artesanal, (Asuntoslegales., 2025).

La tabla 09, refleja las cotizaciones realizadas en línea ante la aeronáutica civil colombiana y muestra los valores en pesos colombianos sobre los trámites necesarios para realizar la operación de los sistemas de vuelo no tripulados.

## **Marco de referencia.**

Por muchos años, la pesca ha sido una actividad esencial para el desarrollo de distintas civilizaciones, ya que su valor trasciende lo económico, pues fortalece la identidad cultural, genera empleo y sirve como fuente principal de alimento para muchas comunidades, especialmente aquellas ubicadas en regiones costeras (Procuraduría General de la Nación, 2016, pág. 24).

En el caso colombiano, la pesca artesanal tiene un significado especial por su impacto directo en la vida de las comunidades que dependen de ella, no solo proporciona ingresos, sino que además es una pieza clave en la seguridad alimentaria de estas poblaciones (Tavares Moreno, L., 2016, pág. 347). Los ecosistemas marinos, con su rica biodiversidad, representan una fuente indispensable de recursos para estas zonas, siendo el sustento diario de muchas familias.

Durante el año 2010, la actividad pesquera y la acuicultura aportaron un 0,36% al producto interno bruto (PIB) nacional y un 3,43% al PIB del sector agropecuario, lo que demuestra con claridad la importancia que tiene este sector no solo en la economía nacional, sino también en el progreso de las comunidades locales (Roldán Ortiz, A. M., 2013, pág. 16).

En el presente, resulta crucial señalar ciertas dinámicas que perturban el entorno marino, desequilibrando su armonía natural. Entre ellas, destacan las consecuencias del cambio climático, así como prácticas marcadas por la sobreexplotación pesquera, la captura ilícita de especies, la contaminación oceánica, entre otros factores que comprometen la sostenibilidad de la actividad pesquera, (Mina Rivas, M., 2023).

Para Arteaga, L. & Burbano, J. (2018), dentro del panorama sudamericano, Colombia se sitúa como el quinto mayor emisor de gases de efecto invernadero, ocupando el cuadragésimo puesto a nivel global. En consecuencia, la nación experimenta los efectos derivados del cambio climático y el calentamiento global, (pág 81).

Según Ballén Camelo (2013), la pesca atraviesa una coyuntura crítica caracterizada por presiones económicas, sociales y ambientales que comprometen su sostenibilidad. Esta actividad, esencial para la subsistencia de una parte significativa de la población mundial, se encuentra actualmente en un proceso de notable deterioro (p. 06).

### **El Cambio Climático y su Impacto en la Pesca Artesanal.**

El fenómeno del cambio climático, reflejado en variaciones notables del clima como el aumento de la temperatura, los cambios en las lluvias, la nubosidad y la erosión, ha empezado a alterar de forma significativa los ecosistemas costeros, afectando en particular a los manglares.

Estas transformaciones impactan directamente la estabilidad de los hábitats, modificando la flora, la fauna y la cobertura vegetal característica de estas zonas (Eida Luz Silva Beleño, Geomar Molina Bolívar, & Jiménez-Pitre, I., 2022, pág. 290).

Así, este fenómeno se convierte en una amenaza seria para los mares y sus especies, ya que pone en riesgo los ecosistemas costeros y cambia los patrones naturales de la vida marina. Aspectos como el calentamiento del agua, la subida del nivel del mar o la acidificación oceánica están alterando los ciclos de reproducción y desplazando especies de sus territorios habituales, lo cual afecta directamente la pesca artesanal (Catalina Orjuela Martínez, Lizeth Natalia, B. G., & Danys Camila, C. C., 2021).

En el Caribe colombiano, donde muchas familias dependen exclusivamente de lo que pescan, los efectos del cambio climático pueden ser devastadores. No solo está en juego el equilibrio ecológico, sino también el sustento de estas comunidades. Además, las tormentas, huracanes y otros eventos extremos, que se intensifican con el cambio climático, deterioran los manglares y arrecifes, lo que disminuye su capacidad de proteger el litoral y servir como criadero natural (Catalina Orjuela Martínez, Lizeth Natalia, B. G., & Danys Camila, C. C., 2021).

También se identifican amenazas como la contaminación o la transformación del uso del suelo, que han generado un impacto negativo tanto en especies marinas como terrestres relacionadas con los manglares. A pesar de la magnitud de estos problemas, aún falta información sólida y actualizada, especialmente en los contextos regional y global (Eida Luz Silva Beleño, Geomar Molina Bolívar, & Jiménez-Pitre, I., 2022, pág. 290).

Actualmente, diversos factores están desestabilizando los entornos marinos. La pesca excesiva, la actividad ilegal y la contaminación se suman al cambio climático como factores que comprometen seriamente la viabilidad de la pesca artesanal (Manuel Díaz, J., 2020, pág. 09).

Colombia, según lo expresado por Arteaga N, Luis Enrique, & Burbano N, Jairo Efrén (2018), ocupa el quinto lugar en Sudamérica en cuanto a emisiones de gases de efecto invernadero, y se encuentra en el puesto 40 a nivel global. Esta posición la hace particularmente vulnerable a los efectos del calentamiento global (pág. 80).

La crisis que vive hoy la pesca artesanal —de carácter ambiental, económico y social— no puede pasarse por alto. Se trata de una actividad que, pese a su importancia vital, atraviesa un momento de profundo deterioro (Ballén Camelo, D., 2013, pág. 06).

Según Pallmall, A. O. (2021), los impactos del cambio climático afectarán no solo al entorno natural, sino también a las personas y las economías locales, poniendo en riesgo las formas tradicionales de subsistencia, entre ellas la pesca y la acuicultura (pág. 07).

Asimismo, la presión sobre los alimentos se hará más intensa, y la calidad y disponibilidad de los recursos pesqueros se convertirá en un reto prioritario para el desarrollo humano (Pallmall, A. O., 2021, pág. 07).

El calentamiento global ya no es una suposición: está evidenciado por el aumento de las temperaturas del aire y el océano, el derretimiento de los glaciares y la subida del nivel del mar (Moreno Díaz, M. L., 2015, pág. 74).

Como afirman Clemente Beyer, A., Jiménez Hernández, A., & del Cid Mendoza, V. (2019), estos cambios representan un serio riesgo para quienes dependen de la pesca artesanal, especialmente en países en vías de desarrollo (pág. 62).

### **La Pesca y el Impacto Medioambiental.**

Históricamente, la pesca ha tenido un papel destacado en el desarrollo de distintas culturas, no solo por su contribución económica, sino también por su importancia como actividad cultural y de subsistencia. Por años, ha sido un pilar fundamental para muchas sociedades (Procuraduría General de la Nación, 2016, pág. 24).

Sin embargo, el ser humano ha tendido a creer que los recursos naturales eran inagotables. Esta idea ha promovido prácticas de explotación intensiva, sin límites claros, que han traído consigo consecuencias negativas para el ambiente (Procuraduría General de la Nación, 2016, pág. 24).

En la actualidad, esa visión ha empezado a transformarse, gracias al avance del conocimiento científico y al cambio en la conciencia ambiental, ahora se comprende que los recursos marinos, aunque renovables, no son infinitos.

Requieren un manejo cuidadoso si se espera que sigan contribuyendo de forma sostenible al bienestar económico, social y nutricional de una población que crece constantemente (Procuraduría General de la Nación, 2016, pág. 24).

Moreno Díaz, M. L. (2015) indica que las zonas costeras, a pesar de su enorme productividad biológica y cultural, están enfrentando los efectos del calentamiento global, lo cual afecta directamente las actividades económicas que allí se desarrollan, entre ellas la pesca artesanal (pág. 74).

**Tabla No. 10: Causas de Contaminación generadas por la Pesca.**

Área de Impacto	Descripción del Problema	Componentes Contaminantes	Efectos Ambientales
<b>Traslado de Capturas</b>	Un manejo inapropiado del producto pesquero durante la transferencia desde las embarcaciones a las instalaciones en tierra firme conduce a la degradación del entorno marino por la presencia de restos orgánicos.	Partículas de lípidos, tejido muscular y fluidos sanguíneos.	Reducción de la concentración de oxígeno disuelto en el agua, dando lugar a la proliferación de algas nocivas (eutrofización). Captura incidental de especies no deseadas.
<b>Higiene de Almacenes</b>	Las operaciones de procesamiento de productos marinos generan contaminación hídrica a través de diversas vías. La acumulación de desechos orgánicos en el agua de las bodegas de las embarcaciones inicia un proceso de deterioro ambiental desde el mismo momento de la recolección de las redes y el almacenamiento de los volúmenes de captura.	Residuos orgánicos acumulados en aguas de bodegas.	Contaminación directa del agua.
<b>Presencia de Sustancias Nocivas</b>	Investigaciones sobre los efectos de la contaminación industrial han revelado la muerte masiva de fauna marina en áreas costeras. Se ha documentado la presencia de múltiples especies de peces y crustáceos sin vida, incluyendo lenguados, corvinas y jureles.	Formaldehído (en concentraciones superiores a los límites permitidos), soda cáustica y residuos orgánicos.	Toxicidad directa, disminución del oxígeno disuelto, vertido de aguas residuales sin tratamiento.
<b>Emisiones Gaseosas y Particuladas</b>	La elaboración de harina de pescado implica procesos de deshidratación que liberan vapores acuosos con alta concentración de compuestos gaseosos de olor penetrante a la atmósfera, provocando contaminación olfativa en zonas urbanas aledañas.	Trimetilamina y vapores resultantes de la cocción de pescado a altas temperaturas.	Contaminación atmosférica y molestias olfativas.

*Nota:* Tabla elaborada de acuerdo con (Dialnet., 2011, 26 mayo), la contaminación heredada: diferentes realidades, distintas soluciones.

La pesca, al igual que muchas otras actividades humanas, tiene impactos significativos sobre los ecosistemas donde se desarrolla. Como lo señala Contreras Cascales, S. (2011), esta práctica conlleva consecuencias ambientales notables como la sobreexplotación de los recursos y la contaminación de diversos medios naturales, incluyendo océanos, suelos y aire (pág. 308).

La presión creciente sobre los recursos pesqueros está llevando a su degradación. De una parte, la sobrepesca está disminuyendo poblaciones específicas de peces, y por otra, existen diversas actividades humanas que también alteran la productividad de la pesca tanto en ambientes marinos como en cuerpos de agua dulce y salobre (Contreras Cascales, S., 2011, pág. 308).

### **Situación Actual de la Pesca Artesanal en el Golfo de Morrosquillo.**

Los municipios costeros de San Antero, Coveñas y Santiago de Tolú están situados en el litoral del Golfo de Morrosquillo, dentro del Caribe colombiano. Esta región no solo destaca por su belleza natural y vocación turística, sino también por su fuerte vínculo con la pesca artesanal, que representa una fuente esencial de sustento para muchas familias.

Según cifras del DANE (2018), la población total en estos tres municipios es de 78,131 personas, distribuida de la siguiente manera: un 37% reside en San Antero, un 22% en Coveñas y un 41% en Santiago de Tolú. En estos territorios, la pesca tradicional es una actividad económica de gran peso.

En términos de estructura económica, Coveñas destaca por la importancia del turismo y la industria manufacturera, aunque la pesca y la agricultura también tienen presencia (Mapa de Oportunidades Territoriales Sector Cultural, 2022). En San Antero, las actividades de agricultura, ganadería y pesca comprenden el 13% del total económico (DANE, 2020).

En Santiago de Tolú, la pesca y el turismo dominan el panorama económico local (Alcaldía de Santiago de Tolú, 2025).

De acuerdo con el Oficio No. DRBQ-0047 DE 2024 emitido por la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), en estos tres municipios se encuentran formalmente registrados 2141 pescadores artesanales con carnetización vigente. De ese total, 1096 ejercen en San Antero, 500 en Coveñas y 545 en Santiago de Tolú, lo que representa aproximadamente un 2.7% de la población total (AUNAP, 2024).

La pesca artesanal forma parte del tejido cultural de la región, además de ser una fuente clave de ingreso y alimento diario para los hogares costeros. Como destaca Grijalba-Bendeck et al. (2012), esta actividad tradicional garantiza el sustento cotidiano de muchas familias. Sin embargo, la relevancia de la pesca varía según la localidad: en Coveñas, otras actividades productivas llevan la delantera; en San Antero, el sector agropecuario comparte protagonismo con la pesca (DANE, 2020); mientras que, en Tolú, esta se constituye como una de las principales fuentes de ingresos (Alcaldía de Santiago de Tolú, 2025).

### ***Impactos Ambientales Recientes.***

El Golfo de Morrosquillo ha sido escenario de graves afectaciones ambientales. En 2014, varios derrames de hidrocarburos atribuidos a Ocesa y Ecopetrol generaron fuertes impactos ecológicos, sociales y económicos en las comunidades de Coveñas, Tolú y San Onofre (Cote, J. S., 2024).

Esta catástrofe llevó a más de mil personas, muchas de ellas pescadores, a presentar una demanda colectiva por un monto de \$28 billones, considerada la más elevada contra el Estado colombiano (Cote, J. S., 2024).

Entre los sectores más perjudicados se encuentra la pesca artesanal, el cierre temporal de playas, la polución del agua y la mortandad de especies en fases tempranas de desarrollo afectaron directamente la actividad. Los pescadores reportaron una reducción drástica en sus capturas y se vieron forzados a ir más mar adentro, asumiendo mayores riesgos. Esta situación, según los demandantes, agravó la pobreza y generó inseguridad alimentaria (Cote, J. S., 2024).

### **Retos Actuales de la Pesca Artesanal.**

A pesar de su valor económico y cultural, la pesca artesanal enfrenta múltiples amenazas que comprometen su viabilidad. Problemas como la sobrepesca, la pesca ilegal, la contaminación ambiental, la falta de acceso a tecnologías modernas, las limitaciones económicas de los pescadores, y la débil gobernanza del sector, configuran un panorama complejo. El deterioro ambiental causado por prácticas humanas poco sostenibles se ha convertido en un obstáculo serio para la conservación de los ecosistemas acuáticos.

Prácticas pesqueras intensivas, el uso de métodos destructivos y la débil aplicación de normativas han causado la reducción de muchas poblaciones marinas, (Patty Elizabeth Del, P. F., Odalis Michelle, C. F., Daniela Lilibeth, Q. G., & Andrea Verónica, P. V., 2024, pág. 02).

A esto se suman otros factores, como la contaminación de los cuerpos de agua, la alteración de los cauces naturales y las consecuencias del cambio climático, los cuales agravan aún más la crisis que afecta a la vida marina (Patty Elizabeth Del, P. F., Odalis Michelle, C. F., Daniela Lilibeth, Q. G., & Andrea Verónica, P. V., 2024, pág. 02).

En términos de producción, Colombia ha experimentado una notable disminución en la pesca marina. Según datos de la Comisión Colombiana del Océano, las cifras revelan una caída significativa durante las dos últimas décadas, impactando regiones tanto del Caribe como del Pacífico, debido a la reducción de las capturas (Grijalba Bendeck, L. M., Novoa Pabón, A. M., Bustos Montes, D. M., Posada Peláez, C., y Santafé Muñoz, A. M., 2011, pág. 03).

Dentro de este contexto adverso, la pesca artesanal en San Antero, Coveñas y Tolú cobra una importancia especial, pues sigue siendo una de las pocas alternativas sostenibles para garantizar el alimento, el trabajo y la preservación de tradiciones culturales. En el Golfo de Morrosquillo, especies como la sardina, el arenque, el boquerón, la sierra, el pargo y el róbalo son las más capturadas y ampliamente consumidas, tanto por los locales como por turistas. No obstante, surge un nuevo reto: la inocuidad del pescado (Vergara-Flórez, V., & Consuegra, A., 2021, pág. 02).

Estudios recientes han detectado la presencia de parásitos como los nemátodos anisákidos en peces destinados al consumo humano. Estos organismos, comunes en especies marinas, pueden provocar anisakiasis cuando se consume pescado crudo o mal cocido, (Vergara-Flórez, V., & Consuegra, A., 2021, pág. 02).

Aunque en Colombia aún no hay un número elevado de casos reportados, como el documento de Patiño & Olivera (2019), el riesgo sanitario existe, especialmente en regiones donde el control sanitario es limitado y el consumo de pescado fresco es frecuente (Vergara-Flórez, V., & Consuegra, A., 2021, pág. 02).

Por ello, la pesca artesanal se enfrenta no solo a dificultades ecológicas y económicas, sino también sanitarias. Se vuelve urgente mejorar las prácticas de manipulación del pescado, fortalecer la regulación y vigilancia ambiental, y proteger tanto la salud pública como el equilibrio de los ecosistemas marinos (Vergara-Flórez, V., & Consuegra, A., 2021, pág. 02).

### **Perspectiva Tecnológica: el Rol de los Drones en la Pesca.**

Un aspecto que no puede pasarse por alto es el rezago tecnológico que afecta a la pesca artesanal en Colombia. Tal como lo documenta la AUNAP (2021), el sector ha mostrado poca evolución en cuanto al uso de tecnologías navales y herramientas modernas. En este mismo sentido, Silva Vallejo, F., & Martínez Castiblanco, D. (2019) advierten que los pescadores colombianos, especialmente aquellos que laboran en ríos, lagunas y mares, a menudo están excluidos de los beneficios de la innovación técnica, la colaboración organizada y las estructuras comunitarias avanzadas que sí se observan en otras regiones pesqueras más desarrolladas.

Esto se traduce en limitaciones sustanciales en su calidad de vida y sus oportunidades de progreso (pág. 136). Frente a esta realidad, surge una pregunta clave: ¿De qué manera el uso de drones podría mejorar la eficiencia de la pesca artesanal y disminuir su huella ambiental en localidades como San Antero, Coveñas y Tolú?.

Esta inquietud abre la puerta a explorar la posible implementación de tecnologías no invasivas y de bajo costo en beneficio del sector artesanal. Los drones, como herramientas emergentes, podrían representar un puente entre la tradición y la innovación tecnológica en estas comunidades pesqueras.

### **Los Drones y sus Múltiples Aplicaciones.**

Para comenzar, vale la pena aclarar que un dron es un tipo de aeronave que no requiere tripulación a bordo, ya que estos dispositivos pueden desplazarse de manera autónoma o ser dirigidos a distancia a través de controles remotos o sistemas digitales. Lo interesante es que estas aeronaves están provistas de tecnologías avanzadas, como sensores, cámaras, sistemas de posicionamiento global (GPS) y equipos de comunicación. Gracias a esta combinación tecnológica, los drones se utilizan en actividades tan variadas como la captura de imágenes aéreas, el monitoreo ambiental, la vigilancia, la topografía, entre muchas otras funciones.

En los últimos diez años, estos aparatos han sido empleados con frecuencia en múltiples disciplinas, precisamente por las ventajas que ofrecen en cuanto a alcance, maniobrabilidad, equipamiento técnico, resolución de imagen, entre otras cualidades.

Todo esto los convierte en aliados indispensables para tareas relacionadas con la agricultura, la mensajería, la seguridad, la arquitectura, las labores de rescate, y más (Caldevilla-Domínguez, D., Blanco-Pérez, M., & Barrientos-Báez, A., 2022, pág. 166).

El desarrollo de estas tecnologías ha posibilitado una amplia expansión de su uso en ciencia e ingeniería, ofreciendo respuestas prácticas y efectivas a diversos retos del día a día en diferentes escenarios. Así, los drones han logrado posicionarse como herramientas esenciales, debido a su notable capacidad operativa y técnica (Guevara-Bonilla, Mario, Meza-Leandro, Ana Sofía, Esquivel-Segura, Edwin Antonio, Arias-Aguilar, Dagoberto, Tapia-Arenas, Andrea, & Masís-Meléndez, Federico, 2020, pág. 02).

### **Drones y su Aplicación en la Inspección Remota Termográfica.**

Durante los últimos años, los Sistemas de Aeronaves Pilotadas de Forma Remota (RPAS por sus siglas en inglés) han ganado reconocimiento en campos tecnológicos especializados, especialmente en el área de la Inspección Remota Termográfica (IRT). Esto se debe a su capacidad de integrar cámaras termográficas de alta resolución en sus plataformas. Estos sistemas están compuestos por tres elementos básicos que trabajan en conjunto: la nave aérea no tripulada, una estación en tierra encargada del control, y un canal de comunicación entre ambos, lo cual permite operar de forma estable y segura (Aldana-Rodríguez, Didier, & Lozano-Tafur, Cristian, 2023, pág. 161).

## **Drones y su Aplicación en la Investigación Forestal.**

El fenómeno del cambio climático ha modificado de forma significativa los ecosistemas forestales, alterando aspectos como la distribución de las especies, los ritmos de floración y la productividad vegetal.

Estas transformaciones han generado una creciente necesidad de implementar herramientas más eficaces para observar y analizar los procesos ecológicos (Gallardo-Salazar, José Luis, Pompa-García, Marín, Aguirre-Salado, Carlos Arturo, López-Serrano, Pablito Marcelo, & Meléndez-Soto, Arnulfo., 2020, pág. 02). En este sentido, los drones han empezado a desempeñar un papel relevante en la investigación forestal, ya que permiten recopilar información geoespacial de gran resolución en tiempo real (Gallardo-Salazar et al., 2020, pág. 02).

La inclusión de sensores remotos en estas plataformas permite registrar datos útiles sobre el estado de los bosques, facilitando el análisis de las variaciones ambientales a distintas escalas (Gallardo-Salazar et al., 2020, pág. 02).

Estos dispositivos, al contar con sensores térmicos, cámaras multiespectrales y otros equipos sofisticados, proporcionan ventajas significativas en cuanto a precisión, cobertura y accesibilidad. No obstante, aunque su uso en ciencia va en aumento, aún existen áreas por explorar que podrían ampliar su utilidad en la gestión ambiental (Gallardo-Salazar et al., 2020, pág. 02).

## **Drones y su Papel en el Panorama de la Seguridad.**

En el ámbito de la defensa y la seguridad, los drones han adquirido un papel protagónico al transformar las dinámicas de los conflictos, (Yndurain, E., 2024, pág. 02). Ya no son simples dispositivos aéreos; ahora cumplen funciones especializadas como reconocimiento, vigilancia, ataques dirigidos y apoyo logístico. Una de sus mayores ventajas es que minimizan el riesgo para los operadores humanos, ya que pueden intervenir en zonas peligrosas o de difícil acceso (Yndurain, E., 2024, pág. 02).

## **Drones y su Aplicación en la Agricultura.**

En años recientes, la tecnología ha redefinido la forma en la que el ser humano se relaciona con el medio natural. Esta transformación ha llegado también a sectores tradicionales como el agrícola (Oviedo Bayas, Byron, Silva Castro, Kevin Francisco, & Zhuma Mera, Emilio., 2021, pág. 70).

Uno de los cambios más notables ha sido la incorporación de los drones, los cuales, aunque son conocidos principalmente por su uso en fotografía aérea, tienen múltiples aplicaciones en áreas productivas. En la agricultura, se han convertido en herramientas clave para optimizar tareas como el monitoreo de cultivos, el control de plagas, la fumigación precisa y la obtención de información ambiental (Oviedo Bayas et al., 2021, pág. 70). Gracias a estas funciones, los drones están revolucionando las prácticas agrícolas, aportando eficiencia, precisión y una mejor gestión de los recursos disponibles (Oviedo Bayas et al., 2021, pág. 70).

## **Drones y su Aplicación en la Industria de la Construcción.**

En la última década, la industria de la construcción ha sido testigo de una de sus transformaciones más importantes desde la adopción del concreto armado y la mecanización pesada, (Choi, H.-W., Kim, H.-J., Kim, S.-K., & Na, W. S., 2023).

Esta transformación ha sido impulsada por tecnologías emergentes, y una de las más destacadas es el uso de drones, también conocidos como vehículos aéreos no tripulados, (Choi, H.-W., Kim, H.-J., Kim, S.-K., & Na, W. S., 2023).

Lo que antes se percibía como un instrumento lúdico o militar, ahora cumple funciones esenciales en proyectos de edificación. Los drones participan activamente en distintas etapas de una obra: desde la fase inicial de planificación hasta la ejecución, inspección y mantenimiento posterior (Choi et al., 2023).

Con su ayuda, los profesionales del sector pueden acceder a información detallada en tiempo real, mejorar la eficiencia en la gestión de recursos, reforzar la seguridad laboral y disminuir costos operativos. Esta evolución plantea nuevos retos y oportunidades, y es necesario continuar explorando su impacto y utilidad dentro del ámbito de la construcción (Choi et al., 2023).

## **El Uso de Drones en la Pesca Artesanal.**

Frente a los actuales desafíos que enfrenta la pesca artesanal, el uso de drones podría representar una alternativa tecnológica de gran valor. Entre sus ventajas se destacan:

La mayor precisión para ubicar bancos de peces, la reducción del consumo de combustible en faenas largas, la disminución de emisiones contaminantes, y la optimización del tiempo dedicado a la actividad. Los drones, como lo explican Caldevilla-Domínguez, Blanco-Pérez y Barrientos-Báez (2022), ofrecen una amplia variedad de usos para los seres humanos (pág. 166).

Dado lo anterior, el empleo de drones en la pesca artesanal aparece como una estrategia innovadora y sostenible para enfrentar los retos actuales. Estudios recientes han demostrado que estos dispositivos permiten detectar con mayor exactitud la ubicación de cardúmenes, así como patrones de migración de las especies marinas (Chirayath & Earle, 2016).

Por esta razón, la presente investigación se propone analizar la posible aplicabilidad del uso de drones en las prácticas pesqueras tradicionales del Golfo de Morrosquillo, a partir de pruebas piloto orientadas a verificar su capacidad para identificar cardúmenes de peces en la región objeto de estudio.

### **Análisis de Restricciones.**

Durante el desarrollo de este proceso académico, se presentaron limitantes que restringieron de forma eficiente el desarrollo de la actividad, lo que a su vez pudo incidir de manera negativa en la obtención de datos, siendo estos un elemento clave para la construcción del conocimiento, como fueron las siguientes.

### **Restricciones Técnicas.**

Aunque uno de los integrantes del equipo de investigación contaba con experiencia en el manejo de drones, así como con el soporte técnico y la licencia correspondiente para su operación, el acceso al dron DJI Mavic 2 Pro se dio gracias a su actividad laboral. Este dispositivo permitió realizar pruebas exitosas de identificación de cardúmenes de peces, aprovechando las condiciones favorables de iluminación y la transparencia del agua, características propias del Golfo de Morrosquillo. No obstante, cabe señalar que el equipo no pudo ser utilizado en situaciones de baja luminosidad, lo cual limita su operatividad en determinados horarios o condiciones climáticas. Es importante señalar que el dron utilizado no contaba con la tecnología necesaria para realizar eficazmente la identificación de cardúmenes de peces en condiciones climáticas adversas o con baja iluminación. Su limitación se debió a la ausencia de sensores avanzados, como lentes ópticos de alta resolución, cámaras térmicas o sistemas de visión nocturna, elementos esenciales para llevar a cabo este tipo de tareas en escenarios complejos.

### **Restricciones Operativas.**

Las responsabilidades laborales, ajenas a la actividad académica, representaron una limitante significativa para el desarrollo de este estudio, especialmente debido a las exigencias del servicio militar, esta situación redujo de manera considerable el margen de maniobra para la operación del dron, ya que el tiempo disponible se restringía únicamente a los fines de semana, a ello se sumó la falta de disponibilidad total del equipo, lo que limitó aún más su uso.

Como resultado, solo fue posible realizar tres operaciones de vuelo durante el desarrollo de la investigación, cada una llevada a cabo en fechas y ubicaciones distintas, aunque todas ellas se desarrollaron en las cercanías de la playa Antares, próxima a la Base de Entrenamiento de Infantería de Marina. Estos puntos específicos se detallan más adelante.

### **Restricciones Económicas.**

El factor económico fue una limitante, ya que fue una variable que influyó en la reducción de los movimientos hacia los municipios de objeto de estudio, teniendo en cuenta la distancia entre San Antero, Coveñas y Santiago de Tolú, motivo por el cual, los desplazamientos fueron más limitados y prudentes, con el fin de reducir el margen de gasto.

### **Restricciones Sociales.**

A pesar de contar con un informe emitido por la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), con respecto al total de pescadores artesanales en la región de estudio, no se pudo acceder a una base de datos que permitiera una caracterización de esta población, así como su ubicación, aspecto que dificultó la localización de estas personas. Generando con ello un mayor esfuerzo y trabajo al momento de seleccionar la muestra.

Por tal motivo, durante la ejecución de esta fase, el grupo de investigación tuvo que recurrir a distintos lugares donde, según la información proporcionada por la misma comunidad, era probable encontrar pescadores artesanales de la región.

Cabe destacar que se evidenció cierta resistencia por parte de algunos de ellos a participar en la actividad, lo cual puede atribuirse al hecho de que éramos personas desconocidas para esta población.

### **Restricciones Ambientales.**

El uso de drones en la pesca sostenible tiene implicaciones ambientales significativas. Esta tecnología permite reducir la pesca indiscriminada y la captura incidental, minimizando el impacto sobre la biodiversidad marina. Además, facilita la identificación de zonas de conservación y evita la sobreexplotación de especies vulnerables, contribuyendo a la preservación de los ecosistemas acuáticos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019).

Otro aspecto ambiental importante es el impacto de los propios drones en los ecosistemas marinos. La contaminación acústica generada por los motores de estos dispositivos puede afectar la fauna marina, especialmente en especies sensibles a las vibraciones y ondas sonoras bajo el agua. Además, el mantenimiento de los drones requiere el uso de baterías de litio y otros materiales que, si no se gestionan adecuadamente, pueden convertirse en residuos contaminantes. Por ello, es necesario establecer regulaciones estrictas sobre el reciclaje y la disposición final de estos componentes, (frontiersin.org., 2017, 17 febrero).

## **Restricciones Legales.**

En el contexto colombiano, la operación de drones o sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS) se encuentra regulada por la Parte 100 del Reglamento Aeronáutico de Colombia (RAC), establecida por la Aeronáutica Civil mediante la Resolución 01983 de 2023. Esta normativa constituye el marco legal base para el uso de estas tecnologías, exigiendo que toda operación garantice la seguridad aérea, respete la privacidad de las personas y no represente un riesgo para la infraestructura o los bienes públicos y privados, (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2023).

Entre sus disposiciones, se señala que los operadores deben mantener sus equipos dentro del alcance visual directo (VLOS), evitar el sobrevuelo de zonas prohibidas y cumplir con condiciones meteorológicas seguras. En cuanto a la captura de imágenes, se establece que esta solo puede realizarse respetando el derecho a la intimidad y con la debida autorización cuando se intervienen espacios sensibles o poblaciones, (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2023).

Adicionalmente, el reglamento exige el registro de las aeronaves con peso superior a 200 gramos y promueve el uso de estos dispositivos bajo criterios de responsabilidad, legalidad y precaución, especialmente en contextos académicos, investigativos o recreativos, (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2023).

De igual manera, la regulación del uso de drones en Colombia está determinada por la Resolución 0421 de 2018 de la Aeronáutica Civil, que establece restricciones para su operación en zonas marítimas (Aeronáutica Civil de Colombia, 2018). Asimismo, la Ley 13 de 1990 regula las actividades pesqueras, estableciendo límites en cuanto a las especies y zonas de pesca para proteger el medio ambiente, (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales., 2011).

También es relevante la Ley 2111 de 2021, que penaliza los delitos ambientales y fortalece el marco sancionatorio para quienes infrinjan normas de conservación (Congreso de Colombia, 2021). Otro aspecto para considerar es la normativa sobre privacidad y seguridad de datos. Los drones utilizados para monitorear zonas de pesca pueden recopilar información que involucra no solo la ubicación de bancos de peces, sino también actividades de pescadores y embarcaciones, (Congreso de Colombia, 2012).

En este sentido, es fundamental cumplir con las regulaciones de protección de datos establecidas por la Ley 1581 de 2012, la cual regula el manejo de información personal en Colombia (Congreso de Colombia, 2012).

### **Restricciones Tecnológicas.**

La implementación de drones en la pesca sostenible enfrenta importantes desafíos tecnológicos. Uno de los principales problemas es la dependencia de infraestructura avanzada, como estaciones de carga y redes de comunicación satelital, para garantizar el monitoreo en tiempo real, (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2023).

La cobertura de internet en altamar es limitada, lo que dificulta la transmisión de datos y la operación remota de estos dispositivos (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2023).

Asimismo, la durabilidad de los drones en condiciones marítimas extremas es una preocupación. La exposición prolongada al agua salada, el viento y las altas temperaturas puede afectar la vida útil de los equipos, incrementando los costos de mantenimiento y reemplazo.

Además, el acceso a repuestos y la disponibilidad de técnicos especializados en reparación pueden representar un obstáculo adicional para la implementación a gran escala (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2023).

## DISEÑO METODOLÓGICO

### **Enfoque de Investigación.**

Este trabajo está fundamentado en un enfoque metodológico mixto, cuyo diseño de investigación, es no experimental, con un carácter observacional y un grado de profundidad descriptivo, ya que, con los datos obtenidos en la aplicación de cada una de las técnicas empleadas, se buscó en primera medida describir lo que acontece en el escenario de la pesca en el área objeto de estudio, en el apartado de resultados, así como demás elementos que puedan ser importantes.

Se resalta que este trabajo tiene un enfoque transversal, ya que la población de estudio ha sido observada en un punto específico en la línea de tiempo, con restricciones amplias, pues teniendo en cuenta la naturaleza de este trabajo, así como las demás restricciones, no se puede hacer un seguimiento prolongado a los sujetos de estudio. A pesar de que en mayor medida este trabajo tiene instrumentos de naturaleza cualitativa, también cuenta con técnicas cuantitativas, dentro de estas las siguientes:

Análisis de Datos Secundarios (Estadísticas oficiales, censos), a partir del Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE, se obtiene datos estadísticos fundamentales, como son, el número total de la población en el área de objeto de estudio, de igual forma, a través de fuente primaria, suministrada por la AUNAP, se identifica datos estadísticos asociados con el total de pescadores en la región análisis de estudio.

Por otro lado, es de destacar las técnicas de recolección de información, empleada para el año 2024, mediante el diseño y la aplicación de una Encuestas o Cuestionarios, que constó de 27 preguntas.

El propósito de este instrumento, fue identificar información asociada con aspectos sociodemográficos y económicos de la muestra de estudio, con fue, el rango de edad, sexo, nivel académico, total de años en la actividad pesquera, días dedicados a la actividad pesquera, horas dedicadas a la actividad pesquera, jornada de trabajo empleada, la principal razón para dedicarse a la pesca, las principales limitaciones, los ingresos aproximados, los días de productividad a la semana, las principales problemáticas en la actividad pesquera, las principales limitantes, las posibles estrategias para mejorar la pesca, las principales causa de contaminación generadas por la pesca, entre otras preguntas más relacionadas con el empleo de drones.

Para el caso de las técnicas de carácter cualitativo, se emplea el análisis literario, siendo este, la base fundamental cada una de las líneas de este trabajo, por otro lado, la escucha de historias de vida, el registro de datos en diarios o bitácoras, entre otras como fue el caso de las lluvias de ideas (o brainstorming), herramientas que fueron vitales para este ejercicio.

Este proceso de investigación inicia con la revisión literaria de la Pesca Artesanal en Colombia, en especial, en el Golfo de Morrosquillo, específicamente, en las regiones de San Antero (Cordoba), Coveñas y Santiago de Tolu (Sucre), con el propósito de analizar los desafíos, las necesidades y algunas de las problemáticas a las que se tienen que enfrentar los pescadores artesanales en diario cotidiano.

De igual manera, a través del análisis literario, se abordan algunas de las causas de Contaminación generadas por la Pesca, con el fin de identificar el posible impacto de prácticas inadecuadas en esta actividad económica y su influencia en el ecosistema, así como los desafíos del cambio Climático sobre esta actividad económica pesquera.

Una vez efectuado el paso anterior, se procederá a analizar el papel de la tecnología en la sociedad, específicamente, la aplicabilidad de los drones en diferentes contextos de la sociedad y su posible aplicación e impacto en la pesca, así como la reducción de la contaminación ambiental.

Se destaca que las fuentes literarias, que soportan los argumentos teóricos de este trabajo, fueron obtenidas de diferentes sitios de la web, entre estos el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Redalyc, Scielo, Base de datos biblioteca virtual EAN, repositorio UTADEO, Javeriana, entre otras fuentes.

Con base a lo anterior, el grupo procede a estructurar el cronograma de actividades o plan de trabajo para el desarrollo de esta fase, planteando con ello, las tareas, tiempo y responsabilidades a seguir.

**Tabla 11: Cronograma de Actividades.**

ÍTEMS	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	PLAZO
01	Revisión literaria	JHON RAMIREZ	15/02/2025
02	Estructuración primera fase fuentes literarias y entrega a participantes del grupo	JHON RAMIREZ	01/03/2025
03	Análisis fuentes literarias	GRUPO COMPLETO	06/03/2025
04	Consolidación del primer informe, revisión, modificación y entrega.	RUIZ CASTRO, GRUPO COMPLETO	09/03/2025
05	Ejercicio de Observación no Participativa	GRUPO COMPLETO	15/03/2025
06	Búsqueda de fuentes literarias fase intermedia y entrega al grupo.	GRUPO COMPLETO	20/03/2025
07	Análisis fuentes literarias	GRUPO COMPLETO	28/03/2025
08	Consolidación presentación, revisión y cargue.	GRUPO COMPLETO	30/03/2025
10	Revisión insumos encuesta año 2024	RUIZ CASTRO	01/04/2025
11	Revisión de insumos historia de vida de 06 pescadores	JHON RAMIREZ	01/04/2025
12	Debate, exposición de datos y resultados metodología de Diagrama de Ishikawa.	GRUPO COMPLETO	05/05/2025
13	Consolidación del segundo informe, revisión, modificación y entrega.	JHON RAMIREZ, GRUPO COMPLETO	09/04/2025
14	Reunión y difusión de resultados relevantes insumos encuesta y historias de vida.	GRUPO COMPLETO	15/04/2025
15	Revisión insumos Pruebas Piloto, difusión de resultados y debate.	RUIZ CASTRO	18/04/2025
14	Debate resultados prueba piloto.	GRUPO COMPLETO	18/04/2025
16	Metodología de Lluvias de Ideas	GRUPO COMPLETO	26/04/2025
17	Consolidación del tercer informe, revisión, modificación y entrega.	GRUPO COMPLETO	27/04/2025
18	Ejercicio de Observación no Participativa	GRUPO COMPLETO	29/04/2025
19	Consolidación del cuarto informe, revisión, modificación y entrega.	GRUPO COMPLETO	27/05/2025
20	Entrega de presentación encuentro final.	GRUPO COMPLETO	01/06/2025
21	Revisión informe final, modificación.	JHON RAMIREZ	13/05/2025
22	Revisión, debate y corrección informe final.	GRUPO COMPLETO	14/06/2025
23	Sustanciación resultados proyecto	GRUPO COMPLETO	16/06/2025

*Nota:* La presente tabla, refleja cada una de las actividades desarrolladas en este proceso académico.

### **Revisión de Insumos Aplicación de Encuesta.**

Una vez efectuado el paso anterior y teniendo en cuenta los insumos obtenidos durante el año 2024, los integrantes del grupo se proceden a analizar los datos sociodemográficos, estadísticos e imaginarios resultantes de la encuesta aplicada en el año 2024 a un total de los 66, con un total de 27 preguntas, siendo las siguientes.

## **Instrumento de Medición.**

A continuación, se relaciona el instrumento de medición, el cual consta de una encuesta con 27 interrogante, así.

1. Su rango de esta esta entre:

- a. 18 a 27 años
- b. 28 a 37 años
- c. Superior a 49 años

2. Indique su sexo

- a. masculino.
- b. femenino.

3. ¿Cuál es su nivel académico?

- a. Ninguno.
- b. Primaria.
- c. Bachiller.
- d. Técnico.
- e. Tecnólogo.
- f. Profesional.

4. ¿Cuántos años lleva dedicándose a la pesca artesanal?

- a. 01 año a 05 año.
- b. 06 años a 10 años
- c. Más de 16 años.

5. ¿Cuántos días dedica en su faena de pesca artesanal a la semana?

- a. 01 a 02 días
- b. 03 a 05 días
- c. 06 a 07 días

6. ¿Cuántas horas dedica al día en el trabajo de la pesca?

- a. 03 horas a 04 horas
- b. 05 horas a 09 horas
- c. Superiores a 10 horas

7. ¿Cuál es la jornada de trabajo que emplea en su labor como pescador?

- a. Madrugada
- b. Mañana
- c. Tarde
- d. Nocturna

8. ¿Cuál considera que es el mejor horario para la pesca?

Respuesta abierta.

9. ¿Cuáles son las principales razones por la que se dedica a la actividad de la pesca?, Ejemplo, Tradición familiar, me apasiona la pesca, me conecto con la naturaleza, es una excelente fuente para la consecución de ingresos, falta de oportunidades laborales.

Respuesta abierta.

10. ¿Cuáles son las principales limitantes, obstáculos y desafíos en su actividad como pescador?

Respuesta abierta.

11. ¿Cuáles son sus ingresos aproximados al mes en su trabajo como pescador?

- a. Inferiores a \$ 900.000
- b. Entre \$ 910.000 - \$ 1.500.000
- c. Entre \$ 1.510.000 - \$ 2.100.000
- d. Entre \$ 2.110.000 - \$ 2.700.000
- e. Superior a \$ 2710000

12. ¿Cuántos días a la semana usted llega con pesca productiva a su casa?

- a. 01 a 02 días
- b. 03 a 04 días
- c. 05 a 06 días
- d. 07 días

13. ¿Cuánto considera que debería ser el valor de ganancia daría en su actividad económica de la pesca?

- a. \$ 30.000 a \$ 50.000
- b. \$ 51.000 a \$ 70.000
- c. \$ 71.000 a \$ 90.000
- d. Superiores a \$ 91.000

14. ¿Cuáles son los principales problemas a los que se debe enfrentar a diario en su actividad como pescador del Golfo Morrosquillo?

Respuesta abierta.

15. A parte de la pesca artesanal, ¿Qué otros servicios se ofrecen en la región que generen una competencia para el pescador artesanal?, ejemplo, piscicultura, acuicultura, pesca deportiva, pesca industrial y demás.

Respuesta abierta.

16. Mencione ¿Cuáles son las principales limitantes y obstáculos para el pescador artesanal?

Respuesta abierta.

17. ¿Qué estrategias se deberían implementar para el fortalecimiento de la pesca artesanal?

Respuesta abierta.

18. ¿Cómo se puede mejorar la pesca artesanal acuerdo su experiencia?

Respuesta abierta.

19. ¿Cuáles considera que son los principales contaminantes del medio ambiente, producto de la pesca? y ¿Cuál considera que es el impacto ambiental generado por la pesca artesanal?

Respuesta abierta.

20. ¿Cuáles son las principales causas de contaminación generadas por la pesca? y ¿Qué considera que se debería hacer para disminuir la contaminación ambiental en el ejercicio de la pesca?

Respuesta abierta.

21. ¿Conoce algún sistema de monitoreo de pesca en la zona del golfo de Morrosquillo que le permita identificar los momentos óptimos para la pesca?, ejemplo, ubicación de cardúmenes, desplazamiento de los mismo, condiciones climáticas y demás.

Respuesta abierta.

22. ¿Cree usted que es buena idea de implementar drones para mejorar la actividad pesquera en la región?

- a. Si
- b. No

23. ¿Cree que el uso de drones podría reducir el tiempo y esfuerzo necesarios para localizar bancos de peces?

- a. Si
- b. No

24. ¿Estaría dispuesto a probar el servicio de drones para el mejoramiento de su actividad como pescador artesanal?

- a. Si
- b. No

25. ¿Considera que el uso de drones en la pesca artesanal podría generar beneficios económicos para los pescadores en la región?

- a. Si
- b. No

26. ¿Cree usted que afecta el medio ambiente implementar esta tecnología de Drones para mejorar la actividad económica como pescador artesanal? mencione de que manera.

Respuesta abierta.

27. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por un servicio para localizar los cardúmenes de peces y así mejorar la efectividad de su faena de pesca?

- a. \$30.000 - \$49.000
- b. \$50.000 – \$69.000
- c. \$90.000 – \$100.000
- d. No estoy dispuesto a pagar

### **Revisión de Insumos Narración de Historia de Vida.**

Teniendo en cuenta los datos recopilados y registrados en la bitácora digital durante el primer semestre del año 2024, en el marco de la asignatura *Fundamentos de la Ingeniería*, se llevó a cabo una actividad de narración verbal de historias de vida con seis pescadores, quienes participaron activamente en el desarrollo de esta experiencia académica. El grupo consideró esta información como un insumo relevante para el presente trabajo, ya que refleja de manera significativa la realidad de muchas personas que están inmersas en esta actividad económica.

### **Diagrama de Ishikawa.**

De igual forma, los integrantes del grupo acudieron a los insumos recopilados en la información estructurada en el proceso de investigación desarrollado para el primer semestre del año 2024, de la asignatura de fundamentos de la ingeniería, teniendo en cuenta la similitud de dicho trabajo académico con el actual, esto, con el fin de retomar las malas prácticas en la pesca artesanal del Golfo de Morrosquillo, Coveñas sucre.

### **La Observación no Participativa.**

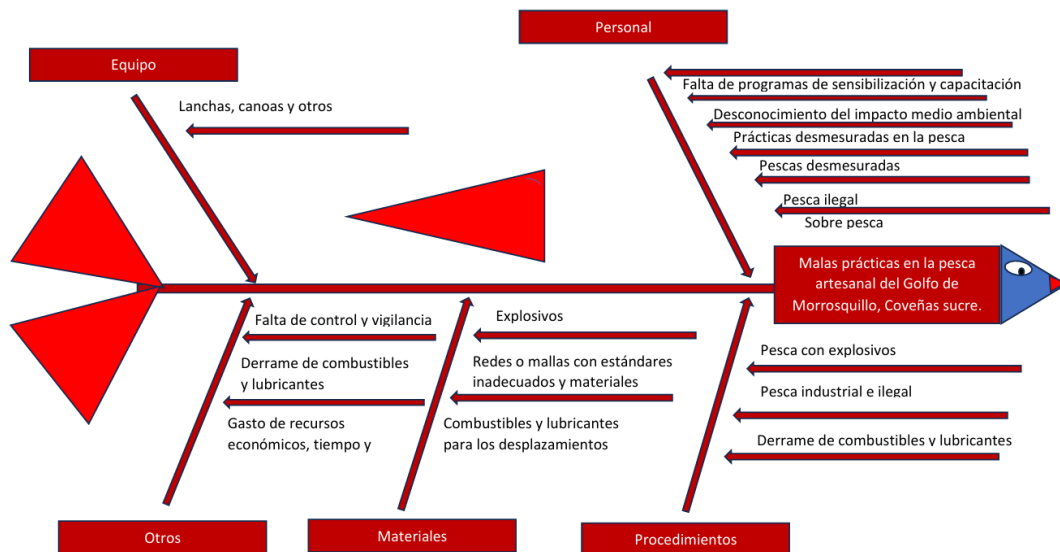
A través de la observación no participativa, se buscó capturar datos que permitieran una apreciación de las técnicas detalladas de la pesca, posible uso de recursos tecnológicos, herramientas de trabajo, medios de transporte, limitantes, eficiencia y productividad, desafíos, entre otros aspectos relevantes.

## Exposición de Datos Recopilados Año 2024 y de Información de Análisis Literario.

En esta etapa del proceso, se presentaron todos los datos recopilados hasta ese momento, con el propósito de construir, desde un enfoque constructivista y participativo, una comprensión más profunda de las realidades que enfrentan muchos pescadores artesanales de la región. Para ello, se empleó la metodología del Diagrama de Ishikawa, que permitió identificar y analizar las causas subyacentes asociadas a las malas prácticas en la pesca artesanal dentro del área de estudio.

**Figura 1.**

### Diagrama de Ishikawa.



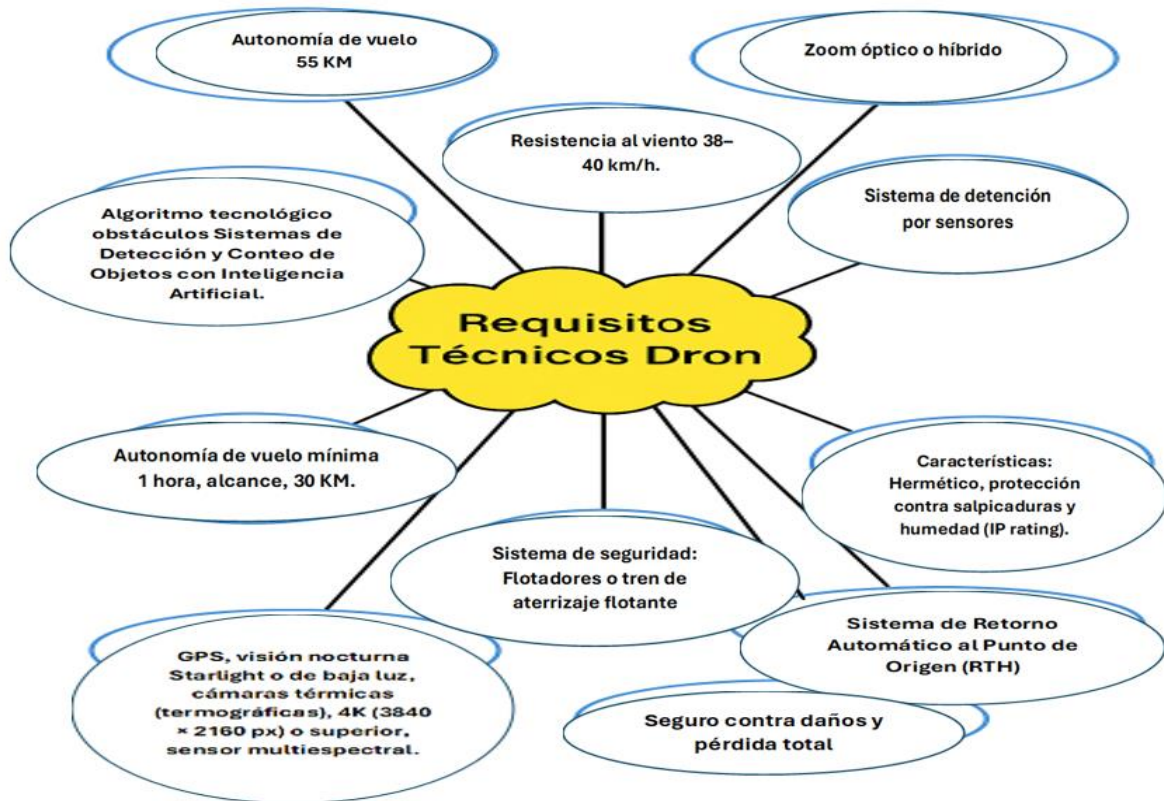
**Nota:** Diagrama de Ishikawa que muestra las causas asociadas a malas prácticas en la pesca artesanal en el Golfo de Morrosquillo, basadas en datos y análisis recopilados en 2024.

## Metodología de Lluvias de Ideas o Brainstorming.

A partir de la metodología de lluvia de ideas, los integrantes del grupo analizarán las necesidades de los pescadores para definir las características que debe tener el prototipo de dron, con el objetivo de satisfacer la demanda del sector y contribuir a una pesca sostenible, reduciendo el impacto ambiental.

Figura 2.

### Requisitos Técnicos del Dron, metodología Lluvia de Ideas Participativa.



*Nota:* Mediante lluvia de ideas, se definieron características clave del dron para apoyar el proceso de la pesca.

### **Insumos de Prueba Pilotos.**

Una vez analizado el paso anterior, se procederá a verificar los insumos de las pruebas piloto, así mismo las características del con el cual actualmente cuenta el grupo, como el Dron DJi Mavic 2 Pr. En la bitácora digital de registro de nota del ejercicio operativo, se efectuará los resultados observados, las limitaciones, las restricciones y demás aspectos que se puedan consideran convenientes para este proceso académico, los cuales serán publicados dentro del capítulo de resultados.

### ***Variables Positivas.***

A continuación, se relacionan cada una de las variables que se consideraron positivas por los integrantes de este trabajo, ya que contribuyeron de una forma significativa en el desarrollo de la actividad, siendo estas un elemento clave para la culminación de este proceso académico e investigativo, como fueron las siguientes, así;

#### **La Disponibilidad de Dron DJi Mavic 2 Pro.**

El grupo contó con la disponibilidad parcial de 01 dron, siendo este, el Dron DJi Mavic 2 Pro, una herramienta tecnológica fundamental para este ejercicio, ya que el empleo de este y las operaciones de sobrevuelo realizadas, siendo estas un total de 03 días, la primera operación, fue realizada el 17 de marzo de 2024, sobre las coordenadas 9°24'33.8"N 75°41'01.8"W.

En esta fecha, se realizan dos sobrevuelos, cada uno con un tiempo máximo de 20 minutos, teniendo en cuenta la limitante de carga, como es la durabilidad de la batería, siendo esta de 30 minutos. Cabe mencionar que no se contó con resultado favorable, pero más sin embargo, algunas características técnicas como la resolución de la cámara, permitió analizar ciertos rasgos naturales en algunos puntos del sector, teniendo en cuenta la cristalinidad del agua, siendo este un punto a favor, cabe mencionar, que como esa zona no es muy concurrida, teniendo en cuenta que se encuentra en la proximidad de la Base de Entrenamiento de Infantería de Marina, lugar restringido por temas de seguridad, motivo por el cual se decidió escoger este punto.

La segunda operación de vuelo, se desarrollo del día 07 de abril de 2024, desde las 0600R, hasta las 0800R, con un tiempo de sobrevuelo de 23 minutos en la primera fase, comprendido desde las 0640R, hasta las 0703R, operación llevada a cabo en las coordenadas 9°24'43.4"N 75°40'48.1"W, aproximadamente a 0,5494 Millas Náuticas de la playa Antares de la Base de Entrenamiento de Infantería de Marina, con resultado favorable, ya que se logra evidenciar pequeño cardumen de peces, lo que fue para este ejercicio un aspecto importante y relevante.

El segundo sobrevuelo, se realiza desde las 0720R, hasta las 0740R, un tiempo de 20 minutos, en las proximidades de las coordenadas, 9°25'09.5"N 75°41'46.2"W, sin resultados favorables.

Finalmente, la tercera operación de vuelo se lleva a cabo el día 21 de abril, sobre la región de estudio, situada entre las coordenadas 9°24'43.4"N 75°40'48.1"W a las coordenadas 9°25'09.5"N 75°41'46.2"W, teniendo en cuenta motivos de seguridad, ya que el dron, no cuenta con sistemas de flotabilidad, y a pesar de tener una autonomía de vuelo de 36 Km, con una velocidad promedio de 72 Km/H, una capacidad de carga de 30 minutos, se decidió no poner en peligro el equipo, con el fin de conservar este y garantizar su cuidado.

A pesar de que el dron empleado no contó con sensores especializados, permitido realizar la tarea propuesta, siendo esta, su aplicabilidad en la pesca artesanal mediada por drones, es de resaltar que las condiciones naturales de la región, fueron un elemento clave, teniendo en cuenta por un lado, la cristalinidad de las aguas en algunos puntos específicos de la región, como fue el caso del sector ubicado en las coordenadas 9°24'43.4"N 75°40'48.1"W, aproximadamente a 0,5494 Millas Náuticas de la playa Antares de la Base de Entrenamiento de I.M.

Por otro lado, algunas características del dron DJI Mavic 2 Pro resultaron útiles en este ejercicio, como la resolución de su cámara. Sin embargo, durante las operaciones de vuelo se identificó la necesidad de incorporar requerimientos técnicos más avanzados, como visión nocturna Starlight o de baja luz, cámaras térmicas (termográficas) y sensores multiespectrales, que permitan detectar especies marinas en condiciones de baja visibilidad, en decir, en jornadas nocturnas y de madrugada. Asimismo, se evidenció la importancia de integrar tecnologías más sofisticadas, como inteligencia artificial, que facilite la cuantificación de las especies observadas, con el propósito de estimar el tamaño y el potencial económico del cardumen.

**Tabla 12: Características Técnicas Dron DJi Mavic 2 Pro.**

Características	Dron DJi Mavic 2 Pro
Duración de vuelo	31 minutos
Autonomía de vuelo	36 Km
Velocidad promedio	72 Km/H
Altura de vuelo	6000 Metros sobre el nivel del mar
Sistema de localización	GPS
Peso	1000 Gramos
Resolución de la cámara	20 Mega pixeles con grabación de 4K
Capacidad de grabación	08 a 128 GB
Sistema de	Sistema de detención de obstáculos por sensores

*Nota:* Características del Dron DJi Mavic 2 Pro. Dji. (s. f.).

El contar con este recurso, fue un aspecto importante, ya que permitió efectuar simulaciones, a partir de operaciones de vuelo, evidenciando a pesar de las limitaciones o restricciones como horas de vuelo, comprendida por 31 minutos, a pesar de ello, se considera que esta herramienta, puede ser prometedora en la actividad pesquera.

### **Recurso Técnico Profesional Calificado para el Manejo de Aeronaves no Tripuladas.**

Dentro del equipo de trabajo se contó con la participación de una persona calificada en el manejo de aeronaves no tripuladas, quien además posee licencia para operar drones como el DJI Mavic 2 Pro. Su experiencia y conocimiento en el tema facilitaron significativamente el desarrollo del ejercicio.

### **Registro de Bitácora del año 2024.**

La información recopilada durante el primer semestre del año 2024, en el marco de la asignatura Fundamentos de la Ingeniería y a partir de la propuesta del prototipo de Pesca Tecnológica Amigable, constituyó un insumo valioso para el desarrollo de este trabajo. Dichos datos permitieron dar continuidad a esta fase del proceso investigativo, ya que aportaron información fundamental sobre las condiciones sociodemográficas de la muestra abordada, lo cual representa un elemento clave para orientar las decisiones técnicas, sociales y económicas en el diseño del prototipo.

La interacción directa e indirecta con las comunidades involucradas permitió validar necesidades reales del entorno, afianzando el compromiso ético del ejercicio ingenieril con el bienestar social y el uso responsable de la tecnología.

Este trabajo no solo consolidó conocimientos teóricos, sino que también favoreció una comprensión más profunda de la relación entre innovación tecnológica y sostenibilidad ambiental, a partir de la posible aplicación del uso responsable de drones en la pesca artesanal.

### **Apoyo Suministro de Información por Parte de la AUNAP.**

Se resalta el respaldo brindado por la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP) durante el primer semestre del año 2024, a través del suministro de información oficial mediante oficio, en respuesta al requerimiento efectuado de manera formal por los integrantes de este grupo.

Esta entidad proporcionó datos clave sobre los pescadores artesanales de la región que se encuentran formalmente registrados ante el Gobierno Nacional, lo cual constituye un insumo valioso para sustentar el análisis cuantitativo de la población objetivo y fortalecer la rigurosidad de la investigación.

### **Proceso Académico de la Universidad.**

El proceso académico de la Universidad, se presenta como una variable positiva, ya que a pesar de que la asignatura de seminario de investigación inicia a partir del primer semestre del año 2025, es de mencionar que, desde el año pasado, con el apoyo del docente de la asignatura de fundamentos de ingeniería, así como el docente de emprendimiento, se viene efectuando un recorrido con la temática de los drones y su aplicabilidad en la pesca, cuyo acompañamientos académico, orientación, metodologías, y demás aspectos, han sido un elemento enriquecedor, ya que ha abierto paso a la recopilación de insumos que hoy, este grupo emplea para profundizar en esta temática.

### **Base de Datos para la Investigación.**

La biblioteca virtual de la Universidad, se ha convertido en una variable positiva, ya que, en esta, se han encontrado diversas fuentes, con respecto al tema de la pesca, el sobrecalentamiento global, el uso de drones, entre otras temáticas que hacen parte de las líneas de este trabajo de investigación.

### **Variables Negativas.**

A continuación, se relaciona algunas de las variables negativas que fueron identificadas en el desarrollo de esta actividad.

#### **Acceso a Comunidades Pesqueras Organizadas.**

A pesar de tener un dato estadístico, con respecto a los pescadores artesanales de la región objeto de estudio, no se pudo acceder a información que permitiera identificar la ubicación de estos, por temas de confidencialidad y seguridad, por lo cual, fue un desafío la aplicación de la encuesta.

Así mismo, es de destacar que, en dicha región, no todos los pescadores artesanales se encuentran registrados como tal, lo genera exclusión y mayor asimetría social.

#### **El desconocimiento de las agremiaciones organizativas (ASOPESAN, ASOPETOL y ASOPESCOV) y el funcionamiento del sistema organizativo.**

El desconocimiento de la existencia organizativa de agremiaciones de la región, como el caso de la ASOPESAN, ASOPETOL y ASOPESCOV, así como la ubicación de las instalaciones de sus líderes, fue un tema que dificultó este proceso, ya que, al desconocer estos procesos organizativos, así como las funciones de estas agremiaciones, los roles y la misionalidad, los participantes de este trabajo investigativo, se vieron en la necesidad de efectuar desplazamientos largos, en la búsqueda de las zonas frecuentadas por personas dedicadas a la pesca artesanal.

Más sin embargo es de destacar, que la región de estudio, no es muy amplia, o su expansión territorial no es muy extensa, lo cual al mismo tiempo disminuyo el grado de dificultad.

### **Desconfianza o Resistencia de Algunos Pescadores.**

Al momento de efectuar una intervención con esta población, se observó la resistencia o desconfianza por parte de estos, lo cual se convirtió un desafío para el grupo investigativo, ya que esta restricción dificultó el desarrollo de la actividad, al momento de aplicar procedimientos como la encuesta de percepción, generando con ello, mayor desgaste físico del grupo de investigadores, así como mayor inversión de tiempo y consumo de recursos económicos y demás.

## **RESULTADOS**

### **Población y Muestra.**

Los municipios de San Antero Córdoba, Coveñas y Santiago de tolú (Sucre), están ubicados en la Costa Caribe de Colombia, territorios compuestos por un total de 78131 personas, de los cuales 37% habitan en el municipio de San Antero Córdoba, el 22%, en el municipio de Coveñas sucre y el 41% en Santiago de Tolú (DANE, 2018).

Dentro de sus actividades económicas, se ha encontrar la pesca artesanal, siendo esta una de las principales actividades económicas de alguna de las familias que habitan en municipios como San Antero (Córdoba), Coveñas y Santiago de Tolú (sucre), convirtiéndose en una fuente de ingreso que ha desempeñado un papel importante en la seguridad alimentaria y el sustento diario de estos hogares, (Grijalba-Bendeck, M., Bustos-Montes, D., Posada-Peláez, C., 2012, pág. 07).

La pesca artesanal, se ha convertido en una tradición arraigada a la vida cotidiana de muchas familias situadas a lo largo y ancho de las zonas costeras de la región caribe, siendo esta una de las fuentes que representa el soporte económico para la satisfacción de las necesidades básicas de las personas dedicadas a esta actividad económica, (Grijalba-Bendeck, M., Bustos-Montes, D., Posada-Peláez, C., 2012, pág. 07).

Según informe del Mapa de Oportunidades Territoriales Sector Cultural del año 2022, las principales actividades económicas de la región de Coveñas (Sucre), corresponden al turismo y la manufactura, seguida en menor escala de la pesca y las actividades agropecuarias, (Mapa de Oportunidades Territoriales Sector Cultural, 2022).

Para el caso del municipio de San Antero (Córdoba), la agricultura, la ganadería, la caza, la silvicultura y pesca, representan el 13% de las actividades económicas de la región, (DANE, 2020). En el caso del municipio de Santiago de Tolú (Sucre), la economía de la región está basada en la pesca y el turismo, (Alcaldía de Santiago de Tolú, 2025).

### ***Muestra Aleatoria.***

La población de muestra para esta actividad consta de un total de 66 pescadores, de los cuales, cuales 34 correspondieron al municipio de San Antero, 17 a Santiago de Tolú y 16 a Coveñas, para un total del 3% de la población objeto de estudio, siendo esta los 2141 pescadores, lo que corresponde a una fiabilidad del 90%, con un margen de error del 10%. Cabe mencionar que el 94% de la población esta conforma por el sexo masculino y solo el 6% el sexo femenino.

La población muestra está caracterizada por personas mayores de 18 años, de los cuales, el 22.7% están en el rango de edad en la escala de 18 a 27 años, el 69.7% en la escala de 28 a 37 años y el 7.6% son mayores de 49 años, de la muestra abordada, el 6% son mujeres y el 94% son hombres.

### **Nivel Académico de la Muestra.**

La población objeto de estudio, correspondiente a la muestra, cuenta con el siguiente nivel académico.

**Tabla 13: Nivel Académico.**

<b>Etiquetas de fila</b>	<b>¿Cuál es su nivel académico?</b>
Bachiller	18
Ninguno	20
Primaria	23
Técnico	4
Tecnólogo	1
Formación profesional	0
<b>Total general</b>	<b>66</b>

*Nota:* La presente tabla refleja los valores arrojados de la encuesta aplicada a un total de 66 pescadores artesanales, pertenecientes a tres municipios del golfo de Morrosquillo.

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, que el 35% de la población, solo cuenta con educación primaria, el 30% con ningún nivel de formación académica, el 27% es bachiller, el 6% es técnico, el 2% cuenta con formación tecnológica.

La selección de esta muestra se realizó mediante la técnica de muestreo por conveniencia, considerando las limitaciones y restricciones que surgieron durante el desarrollo del ejercicio, tales como la ubicación de las personas, su resistencia a participar, la falta de confianza, entre otros factores.

Cabe mencionar que los 2141 pescadores, que a fecha 2024 estaban caracterizados como tal, de acuerdo con lo reportado por la AUNAP, a través del oficio No. OFICIO No. DRBQ-0047 DE 2024, y con base al DANE (2019), mencionada población equivale al 2.7% de la población general.

### ***Tiempo Dedicado a la Faena por Parte de la Muestra Aleatoria Abordada.***

Es de destacar que, de los 66 pescadores abordados, solo el 41% han dedicado de 01 año a 05 años en la actividad pesquera, el 10% de 06 años a 10 años, el 14%, de 11 años a 15 años y el otro 14%, más de 16 años. De los cuales solo el 47%, dedican de 03 a 05 días a la faena pesquera, el 33% de 06 a 07 días, el 20%, cuyo 50% de la población analizada, dedican un total de 03 horas a 04 horas a la faena pesquera, el 41% de 05 horas a 09 horas y el 9% superan las 10 horas de trabajo.

## *Ingresos Generados en la Actividad Pesquera.*

**Tabla 14: Ingresos.**

<b>Etiquetas de fila</b>	<b>Cuenta de ¿Cuáles son sus ingresos aproximados al mes en su trabajo como pescador?</b>
Entre \$ 1.510.000 - \$ 2.100.000	2
Entre \$ 2.110.000 - \$ 2.700.000	2
Entre \$ 910.000 - \$ 1.500.000	31
Inferiores a \$ 900.000	29
Superior a \$ 2710000	2
<b>Total general</b>	<b>66</b>

*Nota:* la presente tabla refleja los ingresos reflejados en el mes, en la actividad pesquera artesanal.

Los datos antes mencionados, fueron obtenidos en la aplicación de la encuesta, a lo que es de destacar que el 47% de la población muestra objeto de estudio, tienen unos ingresos mensuales que oscilan entre \$ 910.000 - \$ 1.500.000, el 44%, reporta un ingreso inferior a \$ 900.000, un 3% de la población, con ingresos mensuales entre \$ 1.510.000 - \$ 2.100.000, otro 3%, con ingresos entre \$ 2.110.000 - \$ 2.700.000 y el 3% restante, con ingreso superior a \$ 2.710.000. Cabe mencionar que el 62% de los encuestados, reportaron un rango de días de trabajo entre los 03 a 04 días, un 29% dedican a la actividad pesquera entre 01 a 02 días y un 6% entre 05 a 07 días.

## Presentación del Prototipo en Operación de Vuelo.

A continuación, se relaciona información audiovisual con referente al prototipo.

### Enlace

<https://www.youtube.com/watch?v=DUh3pfGc9zg>

Figura 3.

Código QR.



*Nota:* La figura tres, corresponde a resultados prototipo de alta fidelidad.

## Etapas del Flujo Operacional y Diagrama de Flujo del Servicio.

### *Etapas del Flujo Operacional.*

**Tabla 15: Etapas del Flujo Operacional.**

A continuación, se realizará la descripción paso a paso de cómo será el flujo de las etapas de la operación del dron cuando se inicia un servicio de identificación de cardúmenes en el sector de vuelo requerido.

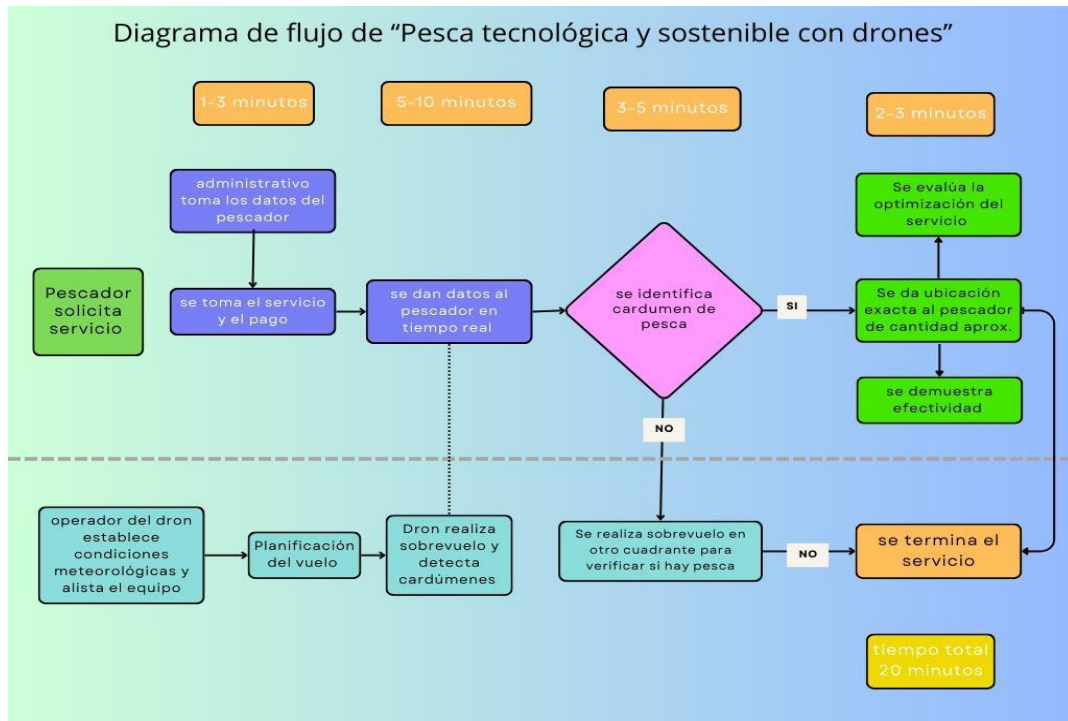
<b>Etapas</b>	<b>Descripción</b>	<b>Responsables</b>	<b>Herramientas/Tecnología</b>
<b>1. Solicitud del Servicio</b>	Los pescadores solicitan el sobrevuelo de drones para la detección de cardúmenes. Se determinan las áreas de exploración basadas en información climática, patrones de pesca y datos históricos.	Pescadores	Aplicación móvil, plataforma web o comunicación directa.
<b>2. Planificación del Vuelo</b>	El dron inicia el sobrevuelo programado de <b>10 a 20 minutos</b> en la zona de pesca.	Operadores de drones	Software GIS, datos satelitales, inteligencia artificial.
<b>3. Despliegue del Dron</b>	El dron recopila imágenes y datos, procesándolos en tiempo real para identificar bancos de peces.	Pilotos y técnicos	Dron equipado con cámaras multiespectrales, sensores térmicos e infrarrojos.
<b>4. Detección y Análisis de Cardúmenes</b>	Se envían coordenadas exactas y características del cardumen a los pescadores mediante la aplicación móvil o un dispositivo GPS.	Algoritmos de IA y técnicos de análisis	Software de procesamiento de datos, algoritmos de reconocimiento de patrones.
<b>5. Transmisión de Datos</b>	Los pescadores deciden la mejor estrategia de captura basados en la información recibida. Se realiza un análisis posterior del rendimiento del servicio para mejorar precisión y eficiencia en futuros vuelos.	Plataforma de datos, red de comunicación	Internet satelital, radiofrecuencia, notificaciones en la aplicación.
<b>6. Toma de Decisiones</b>		Pescadores	Datos en tiempo real, condiciones climáticas.
<b>7. Evaluación y Optimización</b>		Operadores, analistas de datos	Reportes de captura, análisis de eficiencia operativa.

*Nota:* Las etapas de la operación se ajustan al tiempo de carga de la batería del dron, por cada batería se estiman los 20 minutos totales de la operación anteriormente mencionada.

## Diagrama de Flujo del Servicio.

Figura 4.

### Representación Gráfica del Proceso.



*Nota:* La figura 4, es una representación gráfica el flujo grama propuesto.

Descripción del proceso que sigue un pescador artesanal para solicitar y recibir el servicio de detección de cardúmenes utilizando drones, en un tiempo total estimado de 20 minutos. El proceso está dividido en varias fases, siendo las siguientes:

### **Solicitud del Servicio (1-3 minutos).**

El pescador inicia el proceso solicitando el servicio. Un miembro del área administrativa de la empresa toma los datos personales del pescador y realiza el cobro correspondiente.

### **Planificación del Vuelo (5-10 minutos).**

Paralelamente, el personal técnico (operador del dron) establece las condiciones meteorológicas y prepara el equipo necesario para la operación. Esto incluye la planificación del vuelo, asegurando que las condiciones sean óptimas para la detección de peces.

### **Ejecución de la Operación (3-5 minutos).**

El dron realiza el sobrevuelo sobre el área de pesca y busca detectar cardúmenes. Durante esta fase, se proporciona información en tiempo real al pescador sobre el avance de la operación.

### **Identificación del Cardumen.**

En este punto, se evalúa si se ha detectado o no un cardumen de peces:

#### ***Si Se Identifica Un Cardumen.***

Se proporciona al pescador la ubicación exacta y una estimación aproximada de la cantidad de peces detectados. Además, se demuestra la efectividad del servicio, asegurando que el pescador tenga suficiente información para actuar de inmediato.

### ***Si no se Identifica un Cardumen.***

El dron realiza un nuevo sobrevuelo en otro cuadrante cercano para intentar localizar bancos de peces. Si tampoco se detecta pesca tras este segundo intento, el servicio se termina.

### **Finalización del Servicio (2-3 minutos).**

Finalmente, una vez concluida la operación (sea encontrando o no cardumen), se realiza una evaluación de la optimización del servicio prestado, cerrando el proceso en aproximadamente 20 minutos.

### **Beneficios del Flujo de Operación.**

A continuación, se relaciona alguno de los benéficos que podría representar el flujo grama.

- Reducción del tiempo de búsqueda de cardúmenes, optimizando la jornada pesquera.
- Minimización del impacto ambiental, evitando capturas innecesarias o daños al ecosistema.
- Ahorro en costos de combustible, al dirigir a los pescadores directamente a las zonas con mayor concentración de peces.
- Mayor precisión y sostenibilidad en la actividad pesquera artesanal.

## **Resultados Revisión Literaria y Aplicabilidad de los Drones en Diferentes Actividades económicas.**

### ***Los Drones y su Aplicabilidad en Diferentes Actividades y Sectores Económicos.***

El análisis literario, permitió identificar la aplicabilidad del uso de los drones en diferentes contextos y actividades del ser humano dentro de su cotidianidad, como fueron las siguientes, así; el empleo de los drones en las inspecciones remotas termográficas, la investigación forestal, la agricultura, la industria de la comunicación y el entretenimiento, la logística y la entrega, el sector de mantenimiento y construcción, la búsqueda y el rescate, la seguridad y el escenario bélico, entre otros teatros más, en donde este recurso tecnológico, desempeña un rol fundamental, teniendo en cuenta las características tecnológicas que los caracterizan y que lo vuelven un elemento con un potencial importante en diferentes sectores o actividades económicas.

Por un lado, debido a los recursos tecnológicos con los cuales puede ser dotado, lo que a su vez incrementa su capacidad y funcionalidad para tareas determinadas, por otro lado, la capacidad de adaptarse a entornos determinados.

## **El uso de los Drones y su Posible Contribución en la Pesca Artesanal.**

Como se mencionó anteriormente, en las últimas décadas los vehículos aéreos no tripulados han tenido un rol activo en diferentes sectores y actividades económicas del ser humano, permitiendo con ello resultados favorables, frente lo anterior, y a partir del siguiente interrogante ¿En qué medida el uso de drones en la pesca artesanal aumenta la productividad y reduce el impacto ambiental de los pescadores en San Antero, Coveñas y Santiago de Tolú?.

Con el propósito de abordar la problemática planteada, los integrantes del grupo llevaron a cabo unas pruebas piloto utilizando un dron DJI Mavic 2 Pro. Esta actividad consistió en sobrevuelos en el municipio de Coveñas, Sucre, durante el cual se realizaron ejercicios de operación y monitoreo aéreo, la experiencia permitió identificar el potencial del dron como herramienta tecnológica para apoyar la detección de bancos de peces, evidenciando así su posible contribución al fortalecimiento de la pesca artesanal desde una perspectiva sostenible y de bajo impacto ambiental.

Ya que en el ejercicio o en la práctica, en uno de los sectores específicos de la región, como fue en las coordenadas  $9^{\circ}24'43.4''N$   $75^{\circ}40'48.1''W$ , aproximadamente a 0,5494 Millas Náuticas de la playa Antares de la Base de Entrenamiento de Infantería de Marina, permitió evidenciar cardúmenes pequeños de peces, lo que fue para este ejercicio un aspecto importante y relevante.

## **Figura 5.**

### **Fotografía operación de vuelo.**



*Nota:* La figura 5, es una toma fotográfica de la primera operación de vuelo desarrollada 17 de marzo de 2024, con sobre las coordenadas  $9^{\circ}24'33.8''N$   $75^{\circ}41'01.8''W$ , correspondientes a unos de los sectores del municipio de Coveñas Sucre.

## **Figura 6.**

### **Localización Cardumen de Corvina.**



*Nota:* La figura 6, es una toma fotográfica de la primera operación de vuelo desarrollada 07 de abril de 2024, con sobre las coordenadas  $9^{\circ}24'43.4''N$   $75^{\circ}40'48.1''W$ , aproximadamente a 0,5494 Millas Náuticas de la playa Antares BEINM.

Algo que es de destacar, es la claridad de las aguas en Coveñas Sucre y en diversos sectores del Golfo de Morrosquillo, frente a los anterior, la adaptación adecuada entonces de recursos tecnológicos y de inteligencia, como puede ser por un lado, cámaras con mayor resolución, por otro lado, la adaptabilidad de algoritmos y de inteligencia artificial, podría inclusive en zonas más oscuras y en condiciones de poca iluminación, como puede ser la noche, contribuir no solo a la identificación de cardúmenes de peces, sino inclusive, arrojar un aproximado de los peces que pueden haber en un banco determinado, información importante para la toma de decisión y operación de pesca.

**En qué Medida el Uso de Drones Contribuye a la Reducción del Consumo de Combustible y la Minimización de la Pesca Incidental, Favoreciendo una Menor Afectación al Ecosistema Marino.**

El uso de drones en la pesca artesanal, como lo demuestra la prueba piloto desarrollada con el Dron DJI Mavic 2 Pro en el municipio de Coveñas (Sucre), podría representar una herramienta tecnológica eficaz. Un instrumento que podría contribuir de forma significativa en la reducción tanto del consumo de combustible como la pesca incidental, generando con ello una menor afectación al ecosistema marino.

En primer lugar, la capacidad de los drones para realizar sobrevuelos de reconocimiento y monitoreo podría permitir a los pescadores ubicar cardúmenes de peces antes de emprender la navegación, evitando así desplazamientos innecesarios y prolongados.

En la práctica, esto se traduce en un uso más eficiente del combustible, al reducir el tiempo de búsqueda en alta mar, una de las actividades que más incide en el gasto energético de la pesca artesanal. La operación de vuelo en coordenadas específicas de la región (como las observadas en la prueba piloto), permitió detectar un pequeño grupo de peces a corta distancia de la costa, demostrando de esta manera como el uso del dron podría permitir planificar mejor las faenas de pesca, optimizando rutas y recursos, en segundo lugar, al dirigir la faena directamente hacia zonas donde se ha verificado la presencia de especies objetivo, se minimiza la captura incidental de especies no deseadas o protegidas.

Con la asistencia aérea de un dron, los pescadores pueden ser más selectivos en sus capturas, contribuyendo así a la preservación de la biodiversidad y al uso responsable de los recursos hidrobiológicos.

Además, el análisis literario ha evidenciado que los drones han demostrado su aplicabilidad en múltiples sectores económicos, debido a sus capacidades tecnológicas, entre ellas: sensores ópticos avanzados, cámaras térmicas, visión nocturna, sistemas GPS y capacidad de transmisión de datos en tiempo real, estas funcionalidades pueden ser adaptadas al contexto pesquero, especialmente en zonas como el Golfo de Morrosquillo, que cuenta con aguas de alta cristalinidad, lo cual facilita la observación aérea de bancos de peces.

De igual forma, se proyecta que la incorporación de inteligencia artificial y algoritmos de detección automática en drones permitiría en el futuro estimar incluso la cantidad aproximada de peces en un cardumen, mejorar la toma de decisiones en tiempo real y reducir aún más los impactos ambientales asociados a la pesca no planificada.

## **Factores que Condicionan la Adopción de Tecnología Dron en la Pesca Artesanal:**

### **Dimensiones Económicas, Técnicas y Socioculturales.**

#### **Factores Culturales.**

A nivel sociocultural, los pescadores artesanales en estas comunidades suelen basar su labor en prácticas tradicionales, transmitidas de generación en generación, (Fernández-Espinosa, C., Brito-Paredes, P., Mendoza-Torres, G., & Villavicencio-Aguilar, C., 2021, pág. 388). En este contexto, la introducción de tecnología podría ser percibida como una amenaza a la identidad cultural, o incluso como un instrumento de control externo, lo que podría generar resistencia al cambio o rechazo inicial, esto, con base a los datos obtenidos en la encuesta aplicada a 66 pescadores, de los cuales, el 18%, mencionaron no estar de acuerdo con el empleo de drones en la pesca.

También se ha identificado que muchos pescadores no se encuentran afiliados a asociaciones formalmente constituidas, lo que limita su acceso a procesos de capacitación, organización comunitaria o incentivos gubernamentales, (Pineda, F., Molina, E., Torregroza-Espinosa, A., Cardona-Almeida, C., & Suarez, A., 2023).

Esta falta de cohesión organizativa dificulta el desarrollo de procesos de formación técnica que promuevan el uso colectivo de herramientas como los drones.

Por otro lado, hay un creciente interés entre las nuevas generaciones de pescadores por explorar soluciones tecnológicas que mejoren sus condiciones laborales, lo cual puede ser un punto de partida para diseñar estrategias de sensibilización, formación y apropiación tecnológica desde lo comunitario, de acuerdo a los resultados obtenidos en la aplicación de la encuesta, ya que de los 66 participantes, el 82% están de acuerdo que el uso de drones en la pesca artesanal podría generar beneficios económicos para los pescadores en la región.

### **Factor Económico.**

A pesar de que el empleo de drones pueda ser una estrategia con un posible potencial en la actividad económica pesquera, no hay que pasar por alto la dimensión económica que pueda estar sujeta en este escenario, y que se debe considerar una variable importante para próximas investigaciones, ya que, en el recorrido por este trabajo, el tiempo, fue la mayor limitante, aspecto que no permitió analizar esta variable. Es de destacar que la variable económica, podría ser una variable que limite al pescador artesanal en el empleo de este recurso tecnológico, ya que el no contar con ese flujo económico necesario, no podría hacer uso de este tipo de estrategias.

Cabe mencionar que, a través de la aplicación de la encuesta, se pudo identificar que, solo un 9% de los pescadores, tenían ingresos mensuales entre un rango que oscilaba a del \$ 1.510.000 y unos ingresos superiores a \$ 2710000, a lo que es de destacar que el 50% reportaron ganancias mensuales inferiores a \$ 1.500.000, lo cual, podría ser una limitantes en la adopción de este tipo de estrategias, teniendo en cuenta los bajos ingresos y lo costos altos que puede representar la logística para el uso de drones.

### **Factores Técnicos.**

Desde una perspectiva técnica, existen barreras relacionadas con el manejo y comprensión de los drones, muchos pescadores no cuentan con experiencia previa en el uso de tecnologías digitales o aeronaves no tripuladas. El desconocimiento sobre su funcionamiento, mantenimiento, calibración o interpretación de los datos capturados puede generar desconfianza o temor al daño del equipo, ahora, de acuerdo con los datos obtenidos en la encuesta aplicada a los 66 pescadores, el 35% de los pescadores, contaban con la primaria, el 30%, no tenían ningún nivel académico, el 27% llegaron hasta secundaria o culminaron el bachillerato, el 6% contaban con formación técnica, el 01% formación tecnológica, a lo que es de destacar que el 94 correspondió al sexo masculino.

### **Factores Relacionados con la Jornada de Pesca.**

Es de destacar que de los 66 participantes, el 62% de los pescadores, prefieren pescar en la madrugada, el 23% en la noche, el 7% en la mañana y el otro 8% en la tarde.

A lo que es de destacar que un Dron con características normales, como el empleado en la prueba piloto de sobre vuelo, no cuenta con las características necesarias, teniendo en cuenta que 85% de la población abordada, prefieren realizar su faena en condiciones ambientales de poca iluminación, como es la noche y la madrugada, solo el 16%, prefieren realizar su faena con luz día.

### **Análisis de Costos.**

En la siguiente tabla se contemplan los costos estimados acuerdo averiguaciones locales y cotizaciones en línea:

**Tabla 16: Análisis de Costo.**

<b>Categoría</b>	<b>Costo</b>	<b>Detalle</b>	<b>Costo Estimado (COP)</b>
<b>1. Costos de Operación</b>			
	Costo	Entre \$1.600.000 y	\$2.300.000 / mes →
Salario operador	Directo	\$2.400.000 / mes	\$27.000.000/año
Insumos y mantenimiento	Costo Directo	Repuestos mínimos, batería, cables	\$500.000 / mes → \$6.000.000/año
Servicios operativos básicos	Costo Directo	Internet móvil, energía doméstica	\$500.000 / mes → \$6.000.000/año
Arriendo	Costo Fijo	Sin arriendo (trabajo desde casa o préstamo comunitario)	\$0
Publicidad y promoción	Gasto General	Redes sociales, volanteo	\$500.000 anual
Seguros	Costo Fijo	Seguro básico del dron (mínimo)	\$1.000.000
<b>Total costos de operación</b>			<b>\$40.500.000 / año</b>

2. Costos de Inversión			
Dron económico (1 unidad)	Costo Directo	SwellPro SplashDrone 4 (versión básica)	\$15.000.000
Software libre	Costo Directo	QGIS, apps de mapeo gratuito	\$0
Infraestructura mínima	Costo Directo	Laptop personal, mochila, router	\$2.000.000
Permisos y licencias	Costo Indirecto	Trámite legal básico	\$2.000.000
Capital de trabajo inicial	Capital de Trabajo	3 meses de operación	\$4.000.000
Total inversión inicial			\$23.000.000 (única para iniciar el proyecto)

*Nota:* La tabla 16, refleja los posibles valores.

### ***Datos Base.***

Costo total del primer año: \$63.500.000 COP (es la suma de costos de operación y costos de inversión), Precio objetivo por vuelo: \$30.000 COP máximo (Estos precios se estiman acuerdo lo consultado en promedio de las encuestas realizadas a los pescadores que estarían dispuestos a pagar).  $63.500.000/30.000 = 2.117$  vuelos al año, (Esta sería la cantidad de vuelos a realizar en un año y al costo consultado con los pescadores para recaudar el costo total del primer año).

### ***Vuelos Diarios Requeridos.***

La proyección de vuelos diarios corresponde a la operación de vuelos por 6 días a la semana durante 48 semanas al año (dejando 4 semanas para mantenimiento, clima, etc.):  $6 \text{ días/semana} \times 48 \text{ semanas} = 288 \text{ días de operación de vuelo}$ . Para que el pescador pague máximo \$30.000 COP por servicio, se necesita realizar al menos 6 a 7 vuelos diarios, durante 6 días a la semana.

## CONCLUSIÓN

El presente estudio permitió analizar el posible potencial del uso de drones en la pesca artesanal en los municipios de San Antero, Coveñas y Santiago de Tolú, ubicados en el Golfo de Morrosquillo. Mediante el empleo de una metodología mixta, se concluye que el uso estratégico de esta tecnología podría representar una alternativa viable, innovadora y transformadora para enfrentar los múltiples desafíos que aquejan actualmente al sector pesquero artesanal. Los resultados del proyecto sugieren que la integración progresiva de soluciones tecnológicas, como los drones, puede ser clave para reducir la brecha entre la pesca tradicional y las exigencias de sostenibilidad, eficiencia y seguridad que impone el contexto actual.

Las condiciones actuales de la pesca artesanal evidencian un panorama crítico y estructuralmente limitado, teniendo en cuenta una disminución progresiva de las capturas que afecta la rentabilidad de las faenas, un aumento constante de los costos operativos, especialmente en combustible, deterioro progresivo de herramientas de trabajo sin posibilidad de reposición o mejora, exposición permanente a condiciones climáticas adversas, y pesca en zonas inciertas o improductivas por falta de respaldo técnico o geoespacial. A esto se suma una marcada inseguridad durante las faenas y una incorporación casi nula de tecnologías que podrían aumentar la eficiencia sin alterar la esencia de la actividad artesanal. Estos factores, cuando se combinan, profundizan la precariedad laboral, reducen los márgenes de subsistencia y aumentan la vulnerabilidad socioeconómica de las comunidades pesqueras, que dependen en gran medida de un recurso marino cada vez más escaso, variable y difícil de predecir.

En este contexto, los drones surgen como una herramienta con alto potencial para convertirse en un aliado estratégico de la pesca artesanal. Las pruebas piloto realizadas con el dron DJI Mavic 2 Pro, aunque no involucraron capturas en tiempo real, ni faenas completas, permitieron evidenciar de forma empírica su capacidad técnica para detectar cardúmenes con desde el aire, generando con ello visualizaciones útiles para la toma de decisiones operativas, la posibilidad de observar el comportamiento de los peces desde una perspectiva aérea, en tiempo real, ofrece ventajas prácticas como la reducción del tiempo de búsqueda, la disminución de desplazamientos innecesarios y una mejor planificación de las rutas y horarios de pesca. Estos beneficios, cuando se articulan con el conocimiento local del pescador, pueden traducirse en ahorro de combustible, disminución del desgaste físico, mayor productividad por jornada y una posible mejora sustancial de la eficiencia pesquera sin comprometer los principios de la pesca artesanal.

Asimismo, se diseñó y propuso un flujograma operativo para un servicio de localización de cardúmenes dirigido a los pescadores artesanales, este flujo plantea de forma clara, secuencial y lógica las etapas que podrían conformar un modelo de servicio basado en el uso de drones, desde la solicitud del servicio hasta la entrega de información analizada para la toma de decisiones. Aunque esta propuesta no fue implementada en campo, su valor radica en que ofrece una visión estructurada y factible sobre cómo la tecnología puede ser incorporada como un servicio especializado al cual los pescadores puedan acceder sin tener que operar directamente el dron.

Este enfoque respeta los saberes tradicionales, facilita la transición tecnológica y abre posibilidades para emprendimientos comunitarios, asociaciones cooperativas o alianzas público-privadas orientadas a la innovación pesquera.

Además de sus posibles beneficios operativos y económicos, el uso de drones puede tener un impacto positivo sobre la sostenibilidad ambiental de la actividad pesquera, al reducir los recorridos extensos e imprecisos que actualmente realizan las embarcaciones en busca de peces, se podría disminuir proporcionalmente el consumo de combustibles fósiles, las emisiones de gases contaminantes como el CO<sub>2</sub>, y la generación de residuos durante las faenas. Igualmente, la observación aérea puede ayudar a evitar la pesca incidental de especies protegidas o en veda, así como a identificar y prevenir prácticas nocivas como el uso de explosivos o redes de arrastre ilegales.

En este sentido, los drones también pueden convertirse en una herramienta útil para el monitoreo comunitario de zonas sensibles, el control de actividades no autorizadas y la generación de datos ambientales que alimenten políticas de conservación. Su integración responsable podría contribuir, por tanto, a fortalecer una nueva cultura pesquera basada en el uso racional del recurso marino, la protección del ecosistema y la adaptación al cambio climático.

A pesar del posible potencial identificado en la aplicabilidad de los drones en la pesca artesanal, es de resaltar que la adopción de estos recursos tecnológicos enfrenta desafíos significativos de orden económico, técnico y sociocultural, ya que el costo de adquisición, la falta de formación técnica y la resistencia cultural al cambio podría ser barreras relevantes.

A pesar de estas limitaciones, un dato clave obtenido en la aplicación de la encuesta, es que el 82% de los pescadores encuestados manifestó su disposición a utilizar tecnologías como los drones para fortalecer su actividad pesquera. Esta disposición podría abrir una oportunidad estratégica para promover programas de transición tecnológica en el sector pesquero, siempre y cuando se garantice un proceso de apropiación social, inclusivo y respetuoso de las dinámicas culturales y organizativas del territorio.

En conclusión, este proyecto demuestra que la incorporación responsable, gradual y contextualizada de drones en la pesca artesanal podría convertirse en una estrategia eficaz para enfrentar los desafíos actuales del sector, mejorar la calidad de vida de los pescadores, fortalecer la seguridad alimentaria y aportar a la conservación de los ecosistemas marinos del Golfo de Morrosquillo.

El reto no es tecnológico, sino organizativo y político, traducir este potencial en un modelo operativo sostenible que articule innovación tecnológica, inclusión social, respaldo institucional y protección ambiental. Esta visión integral representa una apuesta por una pesca más inteligente, más segura y sostenible, sin perder la identidad cultural de las comunidades que viven del mar.

## **Apreciaciones.**

### **El Aporte de los Indicadores en la Evaluación del Impacto del Uso de Drones en la Productividad Pesquera y la Sostenibilidad Ambiental en el Golfo de Morrosquillo.**

La implementación de drones en la pesca artesanal podría representar una innovación con gran potencial transformador. No obstante, para que su impacto sea realmente comprendido, medido y replicado, es fundamental apoyarse en indicadores claros, pertinentes y comparables que permitan evaluar objetivamente los cambios generados tanto en la productividad como en la sostenibilidad ambiental de la actividad pesquera.

En primer lugar, los indicadores de productividad, como el rendimiento por jornada, el tiempo promedio invertido por faena, o el volumen de captura efectiva, permiten establecer comparaciones entre la pesca tradicional y la pesca asistida por drones. Medir estas variables antes y después de la incorporación de esta tecnología permite identificar mejoras en la eficiencia operativa, lo cual se traduce en menos esfuerzo humano, mayor rentabilidad económica y mayor estabilidad para los pescadores.

En segundo lugar, los indicadores vinculados a la sostenibilidad ambiental, como el consumo de combustible por salida al mar, la frecuencia de pesca incidental (captura no deseada de especies), o el nivel de afectación al ecosistema marino, permiten dimensionar la reducción de la huella ecológica gracias al uso de drones.

Estos datos no solo permiten cuantificar beneficios ambientales, sino que también respaldan el diseño de políticas públicas orientadas a la pesca responsable y al uso racional de los recursos naturales.

Además, estos indicadores actúan como herramientas clave para la toma de decisiones informadas por parte de los actores del territorio; asociaciones de pescadores, instituciones como AUNAP o CVS, y gobiernos locales. De este modo, se pueden priorizar inversiones, diseñar capacitaciones, y promover modelos de adopción tecnológica que se adapten a las realidades del contexto caribeño.

Por otro lado, disponer de un sistema de indicadores fortalece el proceso investigativo al brindar evidencia cuantificable, lo que permite validar hipótesis, ajustar prototipos (como el diseño ideal de un dron pesquero) y comparar resultados entre distintas comunidades o temporadas de pesca. Esto aporta rigor al análisis y facilita la replicabilidad de los hallazgos en otras regiones costeras con condiciones similares.

En conclusión, el uso de indicadores es esencial para monitorear, validar y proyectar el impacto del uso de drones en la pesca artesanal, no solo en términos de eficiencia económica, sino también en cuanto a su contribución con la protección ambiental. Esta evaluación integral es la que permitirá consolidar el dron no solo como una herramienta útil, sino como un componente estratégico de un nuevo modelo de pesca sostenible en el Golfo de Morrosquillo.

## **Recomendaciones Próximas Investigaciones.**

Para investigaciones posteriores relacionadas con el uso de drones en la pesca artesanal, se recomienda avanzar hacia la implementación práctica del protocolo propuesto, desarrollando ejercicios experimentales en los que los vuelos del dron acompañen directamente las faenas pesqueras durante un periodo determinado de tiempo, este tipo de intervención permitirá evaluar con mayor precisión aspectos clave como la eficiencia en la localización de cardúmenes, la eficacia en la toma de decisiones operativas, y la efectividad general del uso del dron como herramienta de apoyo. Asimismo, se podrán calcular métricas concretas como el aumento en las capturas por jornada, la reducción del tiempo de búsqueda, el ahorro en combustible y las ganancias netas generadas, facilitando una medición real del impacto técnico, económico y ambiental de la tecnología en condiciones reales de trabajo.

Es recomendable que estos ejercicios se realicen utilizando drones con capacidades técnicas más avanzadas, incorporando tecnologías como cámaras térmicas o termográficas, visión nocturna tipo Starlight o de baja luminosidad, sensores multiespectrales y resoluciones de imagen 4K (3840 × 2160 px) o superiores. Estas especificaciones permitirán mejorar la detección de cardúmenes incluso en condiciones climáticas adversas, aguas turbias o poca visibilidad (noche – madrugada), ampliando el rango de operación del dron y mejorando la utilidad del servicio en escenarios complejos.

Igualmente, es fundamental establecer protocolos de vuelo operacional, donde se integren variables meteorológicas (dirección e intensidad del viento, nubosidad, temperatura), oceanográficas (mareas, corrientes, salinidad) y ecológicas (patrones migratorios y horarios de actividad de los peces). Esto permitirá planificar rutas de vuelo más estratégicas, optimizando el uso del dron en coordinación con los ciclos naturales de la pesca. Se sugiere, además, desarrollar un servicio especializado de localización en tiempo real, que entregue retroalimentación inmediata a los pescadores mediante medios de comunicación accesibles (radios marinas, pantallas móviles o asistentes visuales), para garantizar su aplicabilidad y utilidad práctica.

En cuanto al seguimiento de resultados, se recomienda establecer un sistema de indicadores técnicos y ambientales, que permitan medir variables como la eficiencia energética por faena, las emisiones de CO<sub>2</sub> por tonelada capturada, el índice de movimientos innecesarios evitados, el rendimiento económico neto y la frecuencia de pesca incidental o no deseada. Estas métricas facilitarán el diseño de una línea base para evaluar la sostenibilidad del servicio y justificar su escalabilidad.

Finalmente, es clave integrar procesos de formación técnica comunitaria, orientados a la apropiación progresiva de estas tecnologías por parte de los pescadores. Se recomienda articular estas acciones con instituciones públicas, organizaciones no gubernamentales, centros de investigación, universidades y empresas privadas interesadas en la innovación pesquera.

La generación de alianzas y modelos de cofinanciación será fundamental para garantizar la sostenibilidad operativa, el acceso equitativo a los beneficios tecnológicos y el impacto social positivo a mediano y largo plazo.

## REFERENCIAS

Alcaldía de Santiago de Tolú. (s. f.). Economía. Recuperado 3 de marzo de 2025, de

<https://www.santiagodetolu->

[sucre.gov.co/publicaciones/332/economia/#:~:text=La%20econom%C3%ADa%20de%20la%20regi%C3%B3n,de%20trabajo%20a%20los%20lugare%C3%B1os.](https://www.santiagodetolu-sucre.gov.co/publicaciones/332/economia/#:~:text=La%20econom%C3%ADa%20de%20la%20regi%C3%B3n,de%20trabajo%20a%20los%20lugare%C3%B1os.)

Aldana-Rodríguez, Didier, & Lozano-Tafur, Cristian. (2023). Análisis energético de edificios,

mediante termografía infrarroja aplicada con un dron cuadricóptero Parrot Anafi thermal.

Tecnura, 27(78), 157-171. Epub November 10,

2024. <https://doi.org/10.14483/22487638.19916>

Arteaga N, Luis Enrique, & Burbano N, Jairo Efrén. (2018). Efectos del cambio climático: Una

mirada al Campo. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(2), 79-

91. <https://doi.org/10.22267/rcia.183502.93>

Arteaga, L. & Burbano, J. (2018). Efectos del cambio climático: Una mirada al Campo. *Revista*

de Ciencias Agrícolas. 35(2): 79-91. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.183502.93>

Asuntoslegales. (2025, 27 mayo). Por volar un dron sin permiso de Aerocivil, la multa puede ser de casi \$20 millones. escamerica.edu.co. Recuperado 25 de junio de 2025, de [https://www.asuntoslegales.com.co/consumidor/por-volar-un-dron-sin-permiso-de-aerocivil-la-multa-puede-ser-de-casi-20-millones-4142980?utm\\_sourcehttps://es.scribd.com/document/485043258/Norma-04201?utm\\_sourcehttps://www.aerocivil.gov.co/atencion/transparencia/preguntas-y-respuestas-frecuentes?utm\\_sourcehttps://idc.apddrones.com/regulacion/rac-91-regulacion-drone-en-colombia/?utm\\_source](https://www.asuntoslegales.com.co/consumidor/por-volar-un-dron-sin-permiso-de-aerocivil-la-multa-puede-ser-de-casi-20-millones-4142980?utm_sourcehttps://es.scribd.com/document/485043258/Norma-04201?utm_sourcehttps://www.aerocivil.gov.co/atencion/transparencia/preguntas-y-respuestas-frecuentes?utm_sourcehttps://idc.apddrones.com/regulacion/rac-91-regulacion-drone-en-colombia/?utm_source)

AUNAP. (2024). Oficio No. DRBQ-0047 DE 2024, respuesta derecho petición radicada No. E2024DRBQ000180

Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. (2011). Normatividad, Leyes. Eureka. Recuperado 7 de marzo de 2025, de <https://www.anla.gov.co/eureka/normatividad/leyes/3430-ley-13-de-1990-estatuto-general-de-pesca-pesca-actividad-pesquera-recursos-hidrobiologicos-recursos-pesqueros-pertenecen-al-dominio-publico-del-estado-los-recursos-hidrobiologicos-mar-territorial-mt-zona-economica-exclusiva-zee-aguas-continentales-ac-cuerpos-de-agua-autoridad-nacional-de-acuicultura-y-pesca-aunap-clasificacion-de-la-pesca-pesca-continental-pesca-marina-pesca-de-subsistencia-pesca-?>

- Ballén Camelo, D. (2013). El capital social de los actores asociados al recurso pesquero: Una aproximación al uso, estado y manejo del recurso pesquero en el municipio de Santiago de Tolú (Golfo de Morrosquillo). Pontificia Universidad Javeriana.
- Ballén Camelo, D. (2013). *El capital social de los actores asociados al recurso pesquero: Una aproximación al uso, estado y manejo del recurso pesquero en el municipio de Santiago de Tolú (Golfo de Morrosquillo)*. Pontificia Universidad Javeriana. <https://core.ac.uk/download/pdf/71419926.pdf>
- Bula Escobar, J. I., Guerrero Guerrero, M. F., & Castaño Duque, G. A. (2020). Transformando Colombia: Objetivos de Desarrollo Sostenible. Repositorio.unal.edu.co. Pág. 16 (1-272). <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/84325/9789585052727.pdf>
- Caldevilla-Domínguez, D., Blanco-Pérez, M., & Barrientos-Báez, A. (2022). Drones y comunicación: hacia una metodología para un análisis visual aplicado. *Interciencia*, 47(5), 166-172. <https://www.redalyc.org/journal/339/33971297003/33971297003.pdf>
- Catalina Orjuela Martínez, Lizeth Natalia, B. G., & Danys Camila, C. C. (2021). Cambio climático y competitividad turística en las regiones de Colombia. [Climate Change and Tourist Competitiveness in the Regions of Colombia] *Turismo y Sociedad*, 29, 29-51. <https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.18601/01207555.n29.02>

- Chirayath, V., & Earle, S. A. (2016). Drones that see through waves—Preliminary results from airborne fluid lensing for enhanced ocean surface imaging. *Oceanography*, 29(4), 210–219. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/aqc.2654>
- Choi, H.-W., Kim, H.-J., Kim, S.-K., & Na, W. S. (2023). An Overview of Drone Applications in the Construction Industry. *Drones*, 7(8), 515. <https://doi.org/10.3390/drones7080515>
- Clemente Beyer, A., Jiménez Hernández, A., & del Cid Mendoza, V. (2019). Riesgo del cambio climático para la pesca artesanal y el turismo comunitario en el Golfo de Montijo, Panamá. *UNED Research Journal / Cuadernos de Investigación UNED*, 11(1), s62-s70.
- Congreso de Colombia. (2012, 17 octubre). *Ley Estatutaria 1581 DE 2012*. Normatividad. Recuperado 7 de marzo de 2025, de [https://www.cancilleria.gov.co/normograma/compilacion/docs/ley\\_1581\\_2012.htm?utm\\_source=](https://www.cancilleria.gov.co/normograma/compilacion/docs/ley_1581_2012.htm?utm_source=)
- Congreso de Colombia. (2021, 29 julio). "Por medio del cual se sustituye el Título XI «de los delitos contra los recursos naturales y el medio ambiente» de la Ley 599 de 2000, se modifica la Ley 906 DE 2004 y se dictan otras disposiciones. Normatividad. Recuperado 7 de marzo de 2025, de <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/ley-2111-2021.pdf>

Contreras Cascales, S. (2011). La contaminación heredada: diferentes realidades, distintas soluciones. A Universidad Alas Peruanas Filial Chimbote. Recuperado 3 de marzo de 2025, de <https://revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/LEX/article/view/411/981>

Cote, J. S. (2024, Dec 15). Los secretos del expediente Coveñas: la demanda más costosa en todo el país. CE Noticias Financieras  
<https://login.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/login?url=https://www-proquest-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/wire-feeds/los-secretos-del-expediente-coveñas-la-demanda/docview/3145351721/se-2>

DANE. (2018). Censo nacional. Explorador de datos. [https://sitios.dane.gov.co/cnpv/#!/cua\\_som](https://sitios.dane.gov.co/cnpv/#!/cua_som)

DANE. (2020). perfil socioeconómico municipal de San Antero-Cordoba. Pág. 02.  
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Territorial/Portal%20Territorial/Bioceanica/Muns/San%20Antero-CORDOBA.pdf>

Dialnet. (2011, 26 mayo). La contaminación heredada: diferentes realidades, distintas soluciones. Recuperado 7 de marzo de 2025, de  
[https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5157830.pdf?utm\\_source=https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/REVUAP\\_2c7d28d1d5723c1d100094ee0fa4ac77/Details?utm\\_source=](https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5157830.pdf?utm_source=https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/REVUAP_2c7d28d1d5723c1d100094ee0fa4ac77/Details?utm_source=)

Dji. (s. f.). *Support*, Product Support. Recuperado 25 de junio de 2025, de <https://www.dji.com/global/support>

Eida Luz Silva Beleño, Geomar Molina Bolívar, & Jiménez-Pitre, I. (2022). Riesgos relacionados con el cambio climático de la flora y fauna asociada a bosques de manglar en el Caribe colombiano. [Risks related to climate change of the flora and fauna associated with mangrove forests in the Colombian Caribbean] *Intropica*, 17(2), 290-300. <https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.21676/23897864.4568>

Escamerica. (s. f.). ¿Cuál es el precio del curso de piloto de drones en Colombia? [escamerica.edu.co](https://escamerica.edu.co). Recuperado 7 de marzo de 2025, de [https://escamerica.edu.co/info/precio-curso-piloto-drones.php?utm\\_sourcehttps://aeroclubdedrones.com/?utm\\_sourcehttps://academy.apddrones.com/piloto-profesional-de-drones/curso-piloto-profesional-de-drones-colombia/?utm\\_source](https://escamerica.edu.co/info/precio-curso-piloto-drones.php?utm_sourcehttps://aeroclubdedrones.com/?utm_sourcehttps://academy.apddrones.com/piloto-profesional-de-drones/curso-piloto-profesional-de-drones-colombia/?utm_source)

España Arevalo, A. C. (2020). Seguridad Alimentaria En Familias de Pescadores de la Ciénaga de la Virgen de Cartagena Asociados a Cooperativas en el 2019. [Repositorio.uniatlantico.edu.co](https://repositorio.uniatlantico.edu.co). Pág. 11 (1-77). <https://repositorio.uniatlantico.edu.co/bitstream/handle/20.500.12834/1226/Ts%20Analida%20Cristina%20Espa%c3%b1a%20Ar%c3%a9valo.%20ok.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Fernández-Espinosa, C., Brito-Paredes, P., Mendoza-Torres, G., & Villavicencio-Aguilar, C. (2021). Tradición pesquera artesanal e identidad sociocultural de Puerto Bolívar: Contexto del Golfo de Guayaquil-Ecuador. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXVII(2), 386-400. <https://www.redalyc.org/journal/280/28066593027/28066593027.pdf>

frontiersin.org. (2017, 17 febrero). Are drones disturbing marine mammals. Recuperado 7 de marzo de 2025, de [https://www.frontiersin.org/news/2017/02/15/are-drones-disturbing-marine-mammals?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.frontiersin.org/news/2017/02/15/are-drones-disturbing-marine-mammals?utm_source=chatgpt.com)

Gallardo-Salazar, José Luis, Pompa-García, Marín, Aguirre-Salado, Carlos Arturo, López-Serrano, Pablito Marcelo, & Meléndez-Soto, Arnulfo. (2020). Drones: tecnología con futuro promisorio en la gestión forestal. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 11(61), 27-50. Epub 20 de enero de 2021. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v11n61/2007-1132-remcf-11-61-27-en.pdf>

Gobierno de España, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2011). *VT pesca: Vigilancia tecnológica*. Pág. 4 (1-16). [https://cetmar.org/DOCUMENTACION/dyp/vt\\_pesca\\_04.pdf](https://cetmar.org/DOCUMENTACION/dyp/vt_pesca_04.pdf)

González Herrera, R., Ucán Navarrete, J. P., Sánchez y Pinto, I., Medina Esquivel, R., Árcega Cabrera, F., Zetina Moguel, C., & Casares Salazar, R. (2019). Drones. Aplicaciones en ingeniería civil y geociencias. *Interciencia*, 44(6), 326-331. <https://www.redalyc.org/journal/339/33960068003/33960068003.pdf>

González Herrera, R., Ucán Navarrete, J. P., Sánchez y Pinto, I., Medina Esquivel, R., Árcega Cabrera, F., Zetina Moguel, C., & Casares Salazar, R. (2019). Drones. Aplicaciones en ingeniería civil y geociencias. *Interciencia*, 44(6), 326-331.

<https://www.redalyc.org/journal/339/33960068003/html/>

Grijalba Bendeck, L. M., Novoa Pabón, A. M., Bustos Montes, D. M., Posada Peláez, C., y Santafé Muñoz, A. M. (2011). La pesca artesanal marina del Departamento del Magdalena, Colombia: manejo y conservación. *Revista Mutis*, 2(2), 1–25.

<https://doi.org/10.21789/22561498.75>

Grijalba-Bendeck, M., Bustos-Montes, D., Posada-Peláez, C. (2012). La pesca artesanal marítima del departamento del Magdalena: una visión desde cuatro componentes. Colombia: Universidad de Bogotá "Jorge Tadeo Lozano". (01-454).

Pág.07:Recuperado de:

[https://www.google.com.co/books/edition/La\\_pesca\\_artesanal\\_mar%C3%ADtima\\_del\\_d  
eparta/wwZHEAAAQBAJ?hl=es-  
419&gbpv=1&dq=la+pesca+en+el+golfo+de+morrosquillo&pg=PA166&printsec=frontc  
over](https://www.google.com.co/books/edition/La_pesca_artesanal_mar%C3%ADtima_del_d<br/>eparta/wwZHEAAAQBAJ?hl=es-<br/>419&gbpv=1&dq=la+pesca+en+el+golfo+de+morrosquillo&pg=PA166&printsec=frontc<br/>over)

Guevara-Bonilla, Mario, Meza-Leandro, Ana Sofía, Esquivel-Segura, Edwin Antonio, Arias-Aguilar, Dagoberto, Tapia-Arenas, Andrea, & Masís-Meléndez, Federico. (2020). Uso de vehículos aéreos no tripulados (VANT's) para el monitoreo y manejo de los recursos naturales: una síntesis. *Revista Tecnología en Marcha*, 33(4), 77-88. <https://dx.doi.org/10.18845/tm.v33i4.4528>

Guevara-Bonilla, Mario, Meza-Leandro, Ana Sofía, Esquivel-Segura, Edwin Antonio, Arias-Aguilar, Dagoberto, Tapia-Arenas, Andrea, & Masís-Meléndez, Federico. (2020). Uso de vehículos aéreos no tripulados (VANT's) para el monitoreo y manejo de los recursos naturales: una síntesis. *Revista Tecnología en Marcha*, 33(4), 77-88. <https://dx.doi.org/10.18845/tm.v33i4.4528>

Manuel Díaz, J. (2020). Guía de acciones para fortalecer la pesca artesanal responsable en los municipios del Pacífico chocono. <https://marviva.net/wp-content/uploads/2022/08/Guia-de-acciones-para-fortalecer-la-pesca-artesanal-responsable-en-los-municipios.pdf>

Mapa de Oportunidades Territoriales Sector Cultural. (2022). Gobernación de Sucre, (1-38). Recuperado 3 de marzo de 2025, de <https://mapaculturaldesucre.com/pdfs/covenas.pdf>

Meneses Guerra, L. V. (2023). Optimización Eficiente y Sostenible: El Rol Vital de la Logística Inversa en la Reducción de la Huella Ambiental en México. repository.usta.edu.co.

Recuperado 21 de junio de 2025,

de <https://repository.usta.edu.co/server/api/core/bitstreams/5e57c580-4bb1-42ca-ac76-e9ef729d2b6d/content>

Mina Rivas, M. (2023). "Cambio climático y pesca, relación insostenible. Una mirada hacia la gobernanza climática para la sostenibilidad pesquera en Latinoamérica. *InterNaciones*, Núm. 24 (enero–junio 2023), pp. 121–140.

<https://internaciones.cucsh.udg.mx/index.php/inter/article/view/7238/6434>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). Primer taller sobre “Lineamientos para la utilización de drones en el sector ambiente”. minambiente.gov.co. Recuperado 7 de marzo de 2025, de <https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/temas-tecnologias-de-la-informacion/4570-primer-taller-sobre-lineamientos-para-la-utilizacion-de-drones-en-el-sector-ambiente>

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2023). Ley estatutaria 1581 DE 2012. La Resolución 04015 de 2023. Recuperado 7 de marzo de 2025, de [https://www.mintic.gov.co/portal/715/articles-281174\\_recurso\\_1.pdf](https://www.mintic.gov.co/portal/715/articles-281174_recurso_1.pdf)

Moreno Díaz, M. L., (2015). Valoración del impacto socioeconómico de la variabilidad climática en pesca y turismo. *Revista de Ciencias Sociales (Cr)*, I(147), 73-83. Pág. 74.

<https://www.redalyc.org/pdf/153/15341140006.pdf>

Oviedo Bayas, Byron, Silva Castro, Kevin Francisco, & Zhuma Mera, Emilio. (2021). Red de drones autónomos utilizando una arquitectura de red para uso alternativo de levantamiento de información agrícola a pequeña escala. *Conrado*, 17(79), 69-80. Epub 02 de abril de 2021. Recuperado en 11 de mayo de 2025, de

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1990-86442021000200069&lng=es&tlng=es.](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442021000200069&lng=es&tlng=es)

Pallmall, A. O. (2021). *El cambio climático, una amenaza global*. España: Ediciones Alfar S.A. (1-652), pág. 07.

[https://www.google.com.co/books/edition/El\\_cambio\\_clim%C3%A1tico\\_una\\_amenaza\\_global/Aso3EAAAQBAJ?hl=es419&gbpv=1&dq=el+cambio+climatico+y+la+pesca&pg=PT401&printsec=frontcover](https://www.google.com.co/books/edition/El_cambio_clim%C3%A1tico_una_amenaza_global/Aso3EAAAQBAJ?hl=es419&gbpv=1&dq=el+cambio+climatico+y+la+pesca&pg=PT401&printsec=frontcover)

Patty Elizabeth Del, P. F., Odalis Michelle, C. F., Daniela Lilibeth, Q. G., & Andrea Verónica, P. V. (2024). Aplicación del mapa cognitivo difuso en el impacto de la pesca indiscriminada en la biodiversidad. [Application of the diffuse cognitive map on the impact of indiscriminate fishing on biodiversity] *Dilemas Contemporáneos : Educación, Política y Valore*, Xii(1)<https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.46377/dilemas.v12i1.4324>

Pérez-Sánchez, H. A., Benítez-Rendón, E. U., & Díaz-Rodríguez, M. (2017). Sistema de georreferenciado de imágenes con drones. *Ra Ximhai*, 13(3), 65-77.

<https://www.redalyc.org/pdf/461/46154070004.pdf>

Pineda, F., Molina, E., Torregroza-Espinosa, A., Cardona-Almeida, C., & Suarez, A. (2023). Sustaining local ecological knowledge of artisanal fishers: a perspective from northern Colombia. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 51(4), 491-502.

doi:<http://dx.doi.org/10.3856/vol51-issue4-fulltext-2941>

Procuraduría General de la Nación. (2016). *La pesca ilegal marina en*

*Colombia*. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/col196244.pdf>

Roldán Ortiz, A. M. (2013). *Alternativas y retos para la gobernanza de la pesca artesanal: una revisión al enfoque de manejo basado en derechos para el Pacífico colombiano*.

Pontificia Universidad Javeriana.

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/12405/RoldanOrtizAnaMaria2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sabando-Zambrano, M. ., & Palacios-Cedeño, N. . (2023). La Pesca Artesanal y su Incidencia en el Desarrollo Socioeconómico de los Pescadores de Crucita-Ecuador . 593 Digital

*Publisher CEIT*, 8(6), 161-173. <https://doi.org/10.33386/593dp.2023.6.2084>

Silva Vallejo, F., & Martínez Castiblanco, D. (2019). La pesca artesanal en el Brazo de Mompo: un debate con la antropología y el conservacionismo. *Boletín de Antropología Universidad de Antioquia*, 34(57), 131-146.  
<https://doi.org/10.17533/udea.boan.v34n57a07>

swellpro. (s. f.). *SplashDrone 4+ Enterprise*. Recuperado 25 de junio de 2025, de <https://www.swellpro.com/pages/splashdrone-4>

Tavares Moreno, L. (2016). *La pesca y los pescadores artesanales en Colombia*. (1-36)  
[https://www.researchgate.net/publication/329247984\\_LA\\_PESCA\\_Y\\_LOS\\_PESCADORES\\_ARTESANALES\\_EN\\_COLOMBIA](https://www.researchgate.net/publication/329247984_LA_PESCA_Y_LOS_PESCADORES_ARTESANALES_EN_COLOMBIA)

Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. (2023). RAC 100: Reglamentación Operación de Sistemas de Aeronaves no Tripuladas UAS. (1- 77). [idc.apddrones.com](http://idc.apddrones.com).  
<https://idc.apddrones.com/wp-content/uploads/2023/10/RAC-100-UAS.pdf>

Vergara-Flórez, V., & Consuegra, A. (2021). *Contraecaecum sp. (Nematode: Anisakidae) en peces de interés comercial en el golfo de Morrosquillo, Sucre - Colombia*. [Contraecaecum sp. (Nematode: Anisakidae) in Fish of Commercial Interest in the Gulf of Morrosquillo, Sucre - Colombia] *Gestión y Ambiente*, 24(2), 97356. <https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.15446/ga.v24n2.97356>

Yndurain, E. (2024). Tecnología: La nueva arma militar. *Actualidad Economica*, 31.

<https://login.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/login?url=https://www-proquest-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/magazines/tecnología-la-nueva-arma-militar/docview/3076314087/se-2>

Zapata, L. A. (Ed.). 2020. Colombia Azul: Acuicultura creciente y pesca sostenible. AUNAP y WWF Colombia. Medellín, 132 p.

<https://www.aunap.gov.co/documentos/Libros/Colombia-Azul-junio-2021.pdf>