

Distribución espacial de las ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) durante la temporada reproductiva en el Golfo de Tribugá, Pacífico norte colombiano

Silvia Juliana Quintero López

Trabajo de Grado para Optar al Título de Bióloga

Directora

Natalia Botero Acosta

Doctora en Comportamiento y Neurociencias, PhD.

Codirector

Edwin Orlando López Delgado

Doctor en ciencias de la vida silvestre y pesqueras, PhD.

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias

Escuela de Biología

Biología

Bucaramanga

2025

### Dedicatoria

*Para mi madre, por supuesto.*

Madre mía, has sido  
y serás la razón de estar,  
De intentar, que para ti esto y  
Todo lo que en esta vida haga  
Que por ti sigo aquí, que sin ti no  
y que por ti, soy

A mi viejo, que con sus madrugadas a la plaza,  
Su sabiduría, su confianza en mí  
Su constante asegurar me,  
que yo era muy buena,  
que a mí nada me costaba,  
que si yo quería, podía hacerlo todo  
hoy me hacen una mujer capaz

A mis hermanas, que han sido compañía,  
casa, abrigo, aguante, que me lo han dado todo  
sin dudarle un momento  
que permanecieron cuando mis malezas  
solo hacían daño, y que hoy están,  
para juntas echar raíces

A las mujeres, que hacen batuque, ciencia,  
cuidado, alimento, compinche y que,  
en un rinconcito morado me sostienen  
en este duro trasegar  
de querer ser una mujer en la ciencia

A la Silvi de hace meses,  
que con mucho miedo lo intentó,  
Y en un caldo de ballenas  
encontró el anhelo de vivir

### **Agradecimientos**

A la Fundación Macuáticos Colombia y a su directora Natalia Botero Acosta, quien dirige este proyecto, por permitir mantener un monitoreo tan extenso en un territorio tan dinámico, por hacer posible mi participación en mi mejor trabajo en campo, y que con su conocimiento me hizo entender que con ballenas sí, infinitas gracias por la oportunidad.

Al Laboratorio de Hidrobiología - UIS, por el apoyo de Edwin López, cuyo acompañamiento hizo posible el desarrollo de mi pasantía y el análisis de los datos, que permitieron la culminación de este trabajo. A Diana Sánchez Lobo, quien desde el primer momento me hizo entender que la ciencia es con y para la gente.

A la Universidad Industrial de Santander, que le permitió a la hija de una familia de la clase popular, dedicarse a estudiar. Que me lo dio todo; cambió mis formas, me hizo crítica, curiosa, testaruda, y hoy me permite mirar hacia atrás solo con ojos de agradecimiento.

A Cruz Mérida Martínez, de Sazón Coquí, por ser hogar, sus manos y sazón, sostienen una comunidad, este monitoreo y me sostuvieron a mí. A la comunidad de Coquí, que me abrió las puertas a su paraíso, y me permitió sentirme en casa, a pesar de estar muy lejos de la mía.

A quienes impulsan la ciencia abierta, que hacen del conocimiento poco común un bien común. Gracias a iniciativas como QGIS y Sci-Hub, pude trabajar con software libre y acceder a información científica sin barreras, para seguir pregonando que el acceso al conocimiento es un derecho humano.

A Isabel Suárez y Astrid Bohórquez, que con su compañía me permitieron sentir que yo era capaz y buena. Y a cada compañero que me regaló este trasegar de habitar la universidad, que se juntó; en parche, lucha y pola, para hacer todo más llevadero.

A ti, por tu curiosidad frente al lago, frente al mar de noche, a ti y a tu prematura partida le debo mi forma de ver la vida hoy, eres lo mejor que me dio la U, y por tu ser yo estaré eternamente agradecida.

**Tabla de contenido**

1. Introducción .....	11
2. Objetivos .....	12
2.1 Objetivo general .....	13
2.2 Objetivos específicos .....	13
2.3 Competencias de la pasantía .....	13
3. Metodología .....	15
3.1 Área de estudio .....	15
3.2 Métodos de campo .....	17
3.2.1 Diseño de muestreo .....	17
3.2.2 Determinación de la composición de los grupos .....	18
3.3 Análisis de datos .....	18
3.3.1 Análisis espaciales .....	20
3.3.2 Variables topográficas y geográficas .....	20
4. Resultados .....	22
4.1 Análisis espaciales .....	25
4.1.1 Adultos .....	28
4.1.2 Adultos y juveniles .....	29
4.1.3 Juveniles .....	30
4.1.4 Madre con cría .....	31
4.1.5 Madre con cría y escolta .....	32
4.1.6 Madre con cría y múltiples escoltas .....	33

4.2 Variables topográficas y geográficas .....	34
5. Discusión.....	36
6. Conclusiones .....	40
7. Recomendaciones .....	42
Referencias Bibliográficas .....	44
Apéndices.....	55

**Lista de Tablas**

Tabla 1. ....	23
Tabla 2. ....	26
Tabla 3. ....	35

**Lista de Figuras**

Figura 1 .....	16
Figura 2 .....	25
Figura 3 .....	26
Figura 4 .....	28
Figura 6 .....	30
Figura 7 .....	31
Figura 8 .....	32
Figura 9 .....	33
Figura 10 .....	34

**Lista de Apéndices**

Apéndice A .....	55
Apéndice B.....	56

## Resumen

**Título:** Distribución espacial de las ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) durante la temporada reproductiva en el Golfo de Tribugá, Pacífico norte colombiano\*

**Autor:** Silvia Juliana Quintero López \*\*

**Palabras Clave:** Distribución, zona de reproducción, ballenas jorobadas, estadísticas espaciales, frecuencias de avistamientos, área protegida.

**Descripción:** Se analizó la distribución espacial de las ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) durante su temporada reproductiva (junio-octubre) en el Golfo de Tribugá, un área dentro del Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI). Para ello, se utilizaron datos de monitoreo recopilados durante 12 años por la Fundación Macuáticos Colombia. Mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), se obtuvieron variables topográficas. Se evaluó la multicolinealidad de las variables a través de una correlación de Spearman. Se implementó la prueba de Kruskal-Wallis para evaluar el presunto impacto de las variables en el tamaño de los grupos. Posteriormente, se emplearon modelos autorregresivos simultáneos (SAR) para evaluar la influencia de variables topográficas y geográficas en los tamaños de grupo, identificando que variables como la profundidad influyeron de manera significativa. El análisis espacial reveló patrones diferenciados de distribución, donde se resalta la variación en los patrones para los grupos de pares de madre con cría y grupos de madre, cría y escolta. Los mapas de calor evidenciaron zonas de alta frecuencia de avistamientos, las cuales coinciden con áreas previamente reconocidas por la comunidad local y operadores turísticos. Estos resultados refuerzan la importancia del Golfo de Tribugá como un hábitat clave para la reproducción de la especie y pueden contribuir al desarrollo de estrategias de conservación, tanto para la especie como para el manejo sostenible en la región.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Programa Biología. Director: Doctora en Comportamiento y Neurociencias, PhD. Codirector: Codirector: Edwin Orlando López Delgado. Doctor en ciencias de la vida silvestre y pesqueras, PhD.

### Abstract

**Title:** Spatial distribution of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) during the reproductive season in the Gulf of Tribugá, Colombian North Pacific\*

**Author(s):** Silvia Juliana Quintero López<sup>1</sup>

**Key Words:** Distribution, breeding area, humpback whales, spatial statistics, sighting frequencies, protected area.

**Description:** The spatial distribution of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) during their reproductive season (June-October) in the Gulf of Tribugá, an area within the Regional Integrated Management District, was analyzed. For this purpose, monitoring data collected during 12 years by *Fundación Macuáticos Colombia* were used. Using Geographic Information Systems (GIS) tools, topographic variables were obtained. The multicollinearity of the variables was evaluated through a Spearman correlation. A Kruskal-Wallis test was implemented to assess the presumed impact of spatial variables on humpback whale group composition. Subsequently, a spatially lagged autoregressive model (SAR) was applied to evaluate the influence of topographic and geographic variables on group sizes, identifying a directly proportional relationship with depth. The resulting data revealed distinct patterns of distribution, showing significant aggregations for groups of adults, mother-calf pairs and groups of mother, calf and a single escort. Heatmaps informed on areas of high frequency of sightings that coincide with areas previously recognized by the local community and whale watching operators. These results reinforce the importance of the Gulf of Tribugá as a key habitat for humpback whale breeding, and may contribute to the development of conservation strategies, both for the species and for sustainable management in the region.

---

\* Degree Work

<sup>1</sup>Faculty of Sciences. Biology School. Director: Natalia Botero Acosta. Behavior and Neurosciences, PhD. Co-director: Edwin Orlando López Delgado. Wildlife and Fisheries Sciences.

## 1. Introducción

Las ballenas jorobadas o yubartas (*Megaptera novaeangliae*) se caracterizan por una distribución cosmopolita (Botero-Acosta, 2017; Mattila et al., 2011), reconociéndose al menos 16 poblaciones en ambos hemisferios (Jackson et al., 2015; Meynecke et al., 2021a). Esta especie realiza una de las migraciones anuales más extensas de cualquier mamífero (De Weerd et al., 2020; Kalashnikova et al., 2024), entre zonas de alimentación en latitudes polares durante los meses de verano y zonas de reproducción tropicales y subtropicales durante el invierno (Clapham, 2018). En el hemisferio sur, la Comisión Ballenera Internacional (IWC) reconoce siete poblaciones, catalogadas desde la A a la G (IWC, 1998, 2011). Puntualmente, el Stock G corresponde a la población que se reproduce en aguas costeras del Pacífico Sudeste (norte de Perú hasta sur de Costa Rica) entre junio y octubre, y migra al occidente de la Península Antártica para alimentarse de krill antártico (*Euphausia superba*) durante el verano austral (diciembre a abril) (Acevedo et al., 1995; Friedlaender et al., 2006; Nowacek et al., 2011).

Estudios que examinan la preferencia de hábitat de las ballenas jorobadas han evaluado el papel de distintos factores ambientales y su relación con la estructura social. Por ejemplo, Meynecke y colaboradores (2021) reportan que la profundidad es un predictor confiable para la ubicación de zonas de reproducción al ser el factor que se identifica con mayor frecuencia dichas zonas (Chou et al., 2020; Smith et al., 2012). En general, los hábitos de las ballenas jorobadas son consistentemente costeros con marcadas preferencias por aguas de menos de 100 metros de profundidad. (Meynecke et al., 2021). Sin embargo, también es preciso considerar que, en las áreas de reproducción, la distribución de la especie varía según el tipo de grupo, reflejando diferencias asociadas a la edad y la etapa reproductiva de los individuos (Félix & Botero-Acosta, 2011; Felix & Haase, 2005).

Esta distribución las hace particularmente vulnerables a una serie de presiones derivadas de actividades humanas, como el tráfico marítimo, la expansión del desarrollo costero, la contaminación y el turismo de avistamiento no gestionado de forma sostenible (Florez-Gonzalez et al., 2007). Este último ha venido en expansión en el Golfo de Tribugá desde 1997 (Avila et al., 2021), consolidándose como una fuente importante de ingresos para las comunidades costeras, aportando significativamente a su desarrollo (Zeppel & Muloin, 2008). La información sobre la distribución es crucial para la gestión de acciones e iniciativas de manejo y conservación. En zonas de reproducción, esta necesidad es particularmente apremiante, dado que, durante su permanencia en aguas tropicales, los individuos atraviesan una fase crítica de su ciclo de vida, desarrollando procesos fundamentales como el apareamiento, el parto, la lactancia y cuidado materno.

Debido a la creciente transformación del litoral y la intensificación de actividades humanas en áreas utilizadas por las ballenas jorobadas para su reproducción, se hacen necesarios estudios detallados sobre la distribución de las ballenas en el litoral Pacífico colombiano. Esta pasantía de investigación busca contribuir al conocimiento ecológico de la distribución de la especie para su conservación, identificando áreas de alta frecuencia de avistamientos y su relación con factores ambientales, lo que permitirá generar información clave para estrategias de manejo dentro del DRMI. Este trabajo se enmarca en el proyecto interinstitucional e interdisciplinario “Fomento del avistamiento comunitario sostenible de ballenas en una Área Marina Protegida (AMP) administrada por la comunidad en la costa del Pacífico colombiano” y tiene como objetivo describir la distribución espacial de las ballenas jorobadas durante su temporada reproductiva en el Golfo de Tribugá, Pacífico norte colombiano.

## 2. Objetivos

### 2.1 Objetivo general

Describir la distribución espacial de las ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) durante su temporada reproductiva en el Golfo de Tribugá (Pacífico norte colombiano)

### 2.2 Objetivos específicos

Definir núcleos de concentración espacial de ballenas jorobadas en el Golfo de Tribugá.

Catalogar los patrones de distribución de ballenas jorobadas en el Golfo de Tribugá como agrupada, aleatoria o distribuida.

Examinar la posible influencia de la composición de los grupos de ballenas jorobadas sobre la distribución espacial en el Golfo de Tribugá.

Analizar la influencia de las variables topográficas y geográficas sobre el tamaño de los grupos de ballenas jorobadas en el Golfo de Tribugá.

### 2.3 Competencias de la pasantía

El presente trabajo de investigación se centra en la descripción de la distribución espacial de las ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) durante la temporada reproductiva en el Golfo de Tribugá, Pacífico norte colombiano.

En el marco de las actividades de la pasantía, la estudiante:

- Aplicó técnicas de muestreo de mamíferos marinos (fotoidentificación (Apéndice A), registro de frecuencias comportamentales mediante etogramas estandarizados, georreferenciación de avistamientos, asistencia en la recolección de tejidos luego de la ejecución de comportamientos activos en superficie y mediante biopsia remota, y recopilación de datos generales de los avistamientos en formatos estandarizados (fecha, tipo y tamaño de grupo, fauna asociada, condiciones ambientales).

- Estableció la identidad taxonómica de las especies de mamíferos acuáticos avistados a partir de su morfología y comportamiento (Apéndice A).
- Desarrolló habilidades en la manipulación y preparación de muestras de tejido graso y epitelial de ballenas jorobadas (Apéndice A).
- Acompañó y participó en espacios de socialización con la comunidad local, promoviendo la transferencia de conocimientos sobre la distribución espacial de ballenas jorobadas en la zona, el fortalecimiento de prácticas de avistamiento turístico responsable y su impacto en la conservación de la especie (Apéndice B).
- Organizó, filtró y procesó datos de distribución espacial de ballenas jorobadas en el Golfo de Tribugá durante la temporada reproductiva de los años 2010, 2013-2016, 2018-2024.
- Recopiló y organizó bibliografía para la descripción del área de estudio, los patrones de migración de las ballenas jorobadas y la identificación de conglomerados espaciales focales en el Golfo de Tribugá.
- Adquirió conocimientos teóricos y prácticos sobre los conceptos fundamentales de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- Dominó técnicas para la obtención de datos y su análisis por medio de la plataforma QGIS (QGIS.org, 2024).
- Desarrolló habilidades para la redacción de informes, garantizando la inclusión de información detallada sobre los métodos empleados y los resultados obtenidos.

### 3. Metodología

#### 3.1 Área de estudio

El proyecto se desarrolló en el Golfo de Tribugá, ubicado al norte de la costa Pacífica de Colombia, en la costa occidental del departamento del Chocó, dentro de la zona catalogada como Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes (Figura 1). Esta es un área marítima protegida en el contexto del Distrito Regional de Manejo Integrado Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes (DRMI), gracias a la iniciativa liderada por la comunidad del municipio de Nuquí (CodeChoco, 2014). El Golfo cuenta con una extensión total de 103.110 hectáreas, limitando al norte con el Parque Nacional Natural Utría (PNN Utría) (6.125, -77.375) y al sur con Cabo Corrientes (6.5833, -77.4000) (Sánchez y Díaz, 2017).

Se caracteriza por ser un Golfo extenso y abierto enmarcado por la Serranía del Baudó, cadena montañosa paralela a la cordillera occidental y al litoral, con accidentes geográficos como las ensenadas de Utría, Tribugá, Coquí y Arusí (Velandia & Díaz, 2015). Hace parte del sistema anticiclónico de corrientes del Pacífico Oriental Tropical, teniendo como corrientes principales la Contracorriente Ecuatorial del Norte (que se manifiesta con mayor intensidad de mayo a diciembre), la Corriente Ecuatorial del Sur, la Corriente de Colombia y la Corriente del Golfo de Panamá (impulsada por los vientos alisios del noreste hacia el suroeste) (Devis Morales et al., 2002). A partir de dichas corrientes, y los movimientos verticales y horizontales del aire generados por el relieve costero, la disposición de las serranías, y la espesa vegetación, es considerada una de las regiones con mayor pluviosidad del mundo, con una precipitación media de aproximadamente 8.000 mm anuales (Jaramillo & Bayona, 2000).

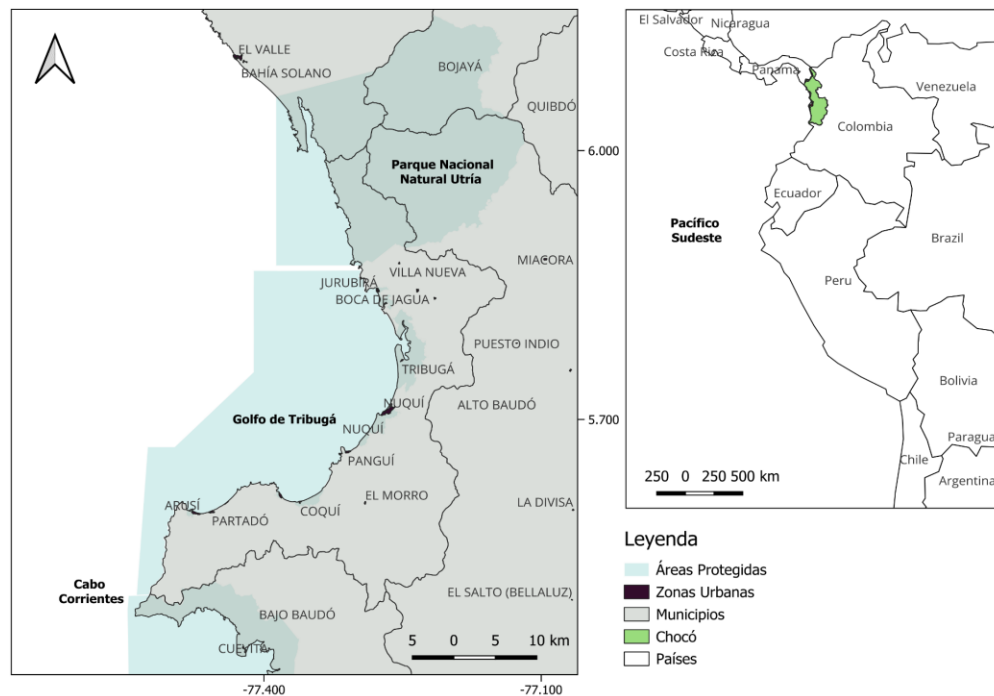
Se caracteriza por un régimen macro-mareal semidiurno, presentando dos mareas bajas y dos altas en un día lunar, de una amplitud vertical de 3 hasta 5 m (Jaramillo & Bayona, 2000).

Considerando un ciclo de 28 días, se producen mareas extraordinarias cuando la Tierra, la Luna y el Sol están alineados, conocidas como mareas de Sicigia o mareas vivas. En el contexto local, los momentos de mayor y menor nivel del mar durante este ciclo reciben los nombres de “puja” (marea alta) y “quiebra” (marea baja) (Díaz et al., 2016).

A lo largo de la costa occidental del departamento del Chocó, la geomorfología es dinámica, destacando el repentino desnivel de la plataforma continental en Cabo Corrientes, límite sur del Golfo de Tribugá (Valencia et al., 2024; Villate-Moreno et al., 2022). La costa del Golfo presenta una plataforma continental estrecha e inclinada, encontrando líneas cercanas a los 300 metros de profundidad a distancias próximas a la costa (Galvis & Mojica, 1993; Perazio et al., 2018).

### Figura 1

*Mapa del área de estudio.*



*Nota.* a) Ubicación del Municipio de Nuquí, incluyendo el área de monitoreo libre y la jurisdicción del Distrito Regional de Manejo Integrado Golfo de Tribugá-Cabo corrientes.

### **3.2 Métodos de campo**

Los datos de distribución espacial fueron recopilados por investigadores y voluntarios de la Fundación Macuáticos Colombia, así como por habitantes del corregimiento de Coquí, durante las temporadas de reproducción de ballenas jorobadas del Stock G, del 2010 y entre 2013-2016 y 2018-2024. En el muestreo de la temporada del 2010 se completaron transectos de 10 km, con distintas orientaciones respecto a la línea de costa, considerando tanto aguas costeras como oceánicas (Botero et al., 2025, manuscrito inédito). Posteriormente, los muestreos realizados desde 2013 se concentraron en aguas costeras, manteniendo una búsqueda libre en rutas hacia el sur y hacia el norte del corregimiento de Coquí (6.3500, -77.4333). Las salidas de investigación se desarrollaron a diario o cada dos días, contando con condiciones ambientales y oceanográficas favorables (Botero-Acosta, 2017).

#### **3.2.1 Diseño de muestreo**

El programa de monitoreo ha integrado diversas metodologías para la recopilación de datos a lo largo de los doce años de muestreo. Para cada avistamiento, fueron registradas las coordenadas inicial y final, así como la ruta seguida por la embarcación con una unidad de GPS (Garmin®). Adicionalmente, se aplicaron técnicas de muestreo de mamíferos marinos incluyendo fotoidentificación, registro de frecuencias comportamentales mediante etogramas estandarizados, recolección de tejidos luego de la ejecución de comportamientos activos en superficie y mediante biopsia remota (Apéndice A), y fotogrametría con drones. Adicionalmente, se recopilaron datos generales de los avistamientos (fecha, tipo y tamaño de grupo, fauna asociada, condiciones

ambientales; cobertura del cielo, estado y brillo del mar, número de minutos del etograma, rango de fotografías, rango de videoclips) en formatos estandarizados.

### ***3.2.2 Determinación de la composición de los grupos***

Tras la detección de la presencia de ballenas jorobadas, se evaluó el tamaño y la composición de los grupos. Para la presente investigación, un grupo se define como el conjunto de individuos que se encuentran dentro de un radio de 100 m, desplazándose en la misma dirección y que presentan un patrón de respiración similar. La composición se determina a partir del tamaño relativo de los individuos, estableciendo tres categorías: los adultos, con una longitud superior o igual a 10 m, los juveniles, con tamaños comprendidos entre 6 y 10 m, y las crías, con menos de 6 m de longitud y en estrecha asociación con un adulto (Félix & Botero-Acosta, 2011). A partir de esta clasificación, se identificaron diferentes tipos de grupos: solo adultos (A), solo juveniles (J), adultos y juveniles (AJ), madre con cría (Mc), madre-cría y escolta (McE), y madre-cría múltiples escoltas (McME) (Botero-Acosta, 2017).

### **3.3 Análisis de datos**

Al finalizar cada jornada de muestreo, se descargaron los waypoints de los avistamientos realizados y los tracks de la unidad GPS utilizando BaseCamp v4.6 6 (Garmin®). Se procedió a transformar las coordenadas del formato grados, minutos y segundos (DMS) a coordenadas decimales mediante la fórmula estándar:  $D + m/60 + s/3600$ . Posteriormente, se consolidó esta información en una base de datos en formato Excel®, la cual incluye fecha, longitud, latitud, el tipo y el tamaño de grupo de cada avistamiento, unificando una base de datos para cada temporada reproductiva.

El esfuerzo se determinó a partir de la metodología aplicada por Bruce et al., (2014), al medir el número de días en que se realizaron avistamientos por mes, expresándose como un

porcentaje respecto al número total de días durante esa temporada (Tabla 1). Adicionalmente se generó un gráfico de barras para representar el porcentaje de avistamientos por tipos de grupo a lo largo de los cinco meses de la temporada reproductiva, elaborada en RStudio (RStudio Team, 2024), utilizando los datos recopilados durante 12 años de monitoreo.

Una vez consolidada la base de datos de coordenadas, fue exportada en formato de texto delimitado por comas (.csv) y cargada en el software QGIS 3.34.12 (QGIS.org, 2024) para su procesamiento y análisis espacial. La importación de los datos se realizó a través de la herramienta “Añadir capa de texto delimitado”, especificando el sistema de referencia de coordenadas (SRC) WGS84 (EPSG:4326) para garantizar la correcta georreferenciación de los registros. Para la visualización y contextualización espacial de los avistamientos, se incorporaron diversas capas de referencia de las divisiones administrativas (Plata et al., 2021), entre las cuales se destaca la capa del Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (Figura 1), que delimita la zona marítima del Golfo de Tribugá bajo protección, así como la capa de zonas urbanas del Marco Geoestadístico Nacional (DANE, 2023), que permite identificar los corregimientos del municipio de Nuquí dentro del área de estudio, proporcionando un contexto geográfico relevante para su análisis.

Adicionalmente, se empleó la capa de línea de costa de Colombia, disponible a través del Sistema de Información Ambiental Marina (SIAM) (INVEMAR, 2022). Esta referencia geoespacial permitió validar la localización de los avistamientos, identificando posibles errores en la latitud y longitud. Al encontrar avistamientos dentro del área terrestre, se rastreó la metadata asociada para descartar errores de transcripción o asociados al proceso de conversión al formato decimal.

### **3.3.1 Análisis espaciales**

Para la distribución espacial de los avistamientos, se aplicó el algoritmo “Styled heatmap (Kernel density estimation)” en QGIS, el cual crea un mapa ráster de densidad basado en la Estimación de Densidad de Kernel (KDE). Se definió una dimensión de celda/píxel de 1 km, lo que determina la resolución espacial del ráster, y un radio de Kernel de 1 km, que controla la atenuación de la densidad en torno a cada punto (Amador Luna et al., 2024; QGIS.org, 2024).

Adicionalmente, se utilizó la herramienta de “Análisis de vecinos más próximos” en QGIS (QGIS.org, 2024), la cual permite evaluar el grado de dispersión o agrupamiento de los puntos al comparar la distancia media observada entre vecinos más próximos con la distancia media esperada bajo un patrón aleatorio (Pratezi & Rollo, 2024). Este análisis genera el *Índice de vecinos más próximos* que describe la estructura espacial de los datos. Asimismo, se obtiene un valor *Puntaje-Z*, que permite comparar la distribución de los datos con una distribución normal. (Liu & Lee, 2023; Moreno-Colom et al., 2020; Pratezi & Rollo, 2024). Para examinar la posible influencia de la composición de los grupos, ambos análisis se aplicaron tanto para el total de los avistamientos como para cada tipo de grupo por separado.

### **3.3.2 Variables topográficas y geográficas**

Se seleccionaron variables topográficas con base en su influencia documentada en las zonas de reproducción de la especie (Botero-Acosta, 2017; Ersts & Rosenbaum, 2003; Félix & Botero, 2011; Lindsay et al., 2016; Meynecke et al., 2021). Para cada avistamiento, se obtuvieron los valores específicos de distancia a la costa, mediante la herramienta “Distancia al eje más próximo (puntos)” (Awbery et al., 2022; QGIS.org, 2024) utilizando la capa de línea de costa de

Colombia (INVEMAR, 2022) como referencia y generando una capa vectorial con los valores obtenidos.

Para la profundidad se descargó la capa proveniente de la base de datos *General Bathymetric Chart of the Oceans* (GEBCO, 2024), que proporciona información topográfica en formato ráster. Por medio de la herramienta “Muestra de valores ráster” (Awbery et al., 2022; QGIS.org, 2024), se extrajeron los valores de profundidad correspondientes a las coordenadas geográficas de los avistamientos. Para evitar distorsiones en los análisis, se corrigieron los valores erróneos de profundidad (< 4 m o valores en la superficie terrestre) asignándoles un valor de 5 m, en concordancia con la literatura disponible (Bruce et al., 2014; Derville et al., 2019; Zerbini et al., 2023).

Adicionalmente, se consideraron la latitud y la longitud como variables geográficas, dado su evidente papel en la descripción de la distribución de ballenas jorobadas y otras especies de mamíferos marinos (Harvey et al., 2017; Karamitros et al., 2020). Para evaluar la multicolinealidad entre las variables geográficas y topográficas, se utilizó un análisis de correlación de Spearman. Posteriormente, se realizó un análisis de componentes principales (PCA) con el fin de identificar las variables que más aportaron a la variabilidad de los datos obtenidos (Khlyap et al., 2023).

Posteriormente, se analizó la autocorrelación espacial de los datos mediante el cálculo del Índice de Moran (Kates Varghese et al., 2021), utilizando las funciones `moran` y `moran.test` en RStudio. Para la correcta aplicación de este índice, fue necesario generar una capa vectorial en formato poligonal que permitiera estructurar espacialmente la distribución de los avistamientos. Para ello, se creó una grilla de polígonos con una resolución de  $0.05^\circ$  en dirección horizontal a través de la herramienta de investigación “Crear cuadrícula” en QGIS. A continuación, se realizó

una unión espacial entre la cuadrícula generada y los puntos de avistamiento, utilizando la herramienta “Unir atributos por localización”, lo que permitió asignar a cada celda de la cuadrícula la información correspondiente a los avistamientos registrados en su interior. Después se eliminaron las celdas sin registros para optimizar el análisis.

Con el fin de controlar el efecto de la autocorrelación espacial, se emplearon modelos autorregresivos simultáneos (SAR) utilizando la función *lagsarlm* del paquete *spatialreg* (Bivand et al., 2024). Los SAR fueron utilizados con el fin de identificar la influencia de las variables geográficas y topográficas sobre los tamaños de los grupos (Khlyap et al., 2023; Meynecke et al., 2021). El mejor modelo fue seleccionado teniendo en cuenta el menor valor del criterio de información de Akaike (AIC).

#### **4. Resultados**

Durante el período de estudio, que abarcó desde el 27 de julio de 2010 hasta el 05 de octubre de 2024, la Fundación Macuáticos Colombia y sus colaboradores realizaron un esfuerzo de muestreo total de 494 días de monitoreo, cubriendo 12 temporadas reproductivas. En total se registraron 1,286 grupos de ballenas jorobadas en el Golfo de Tribugá, Pacífico norte colombiano. Adicionalmente, es importante tener en cuenta que durante los años de monitoreo se presentó una variabilidad considerable en los días de observación, con porcentajes de esfuerzo de monitoreo oscilando entre el 43% y 65% (Tabla 1).

**Tabla 1**

*Esfuerzo de estudio de ballenas jorobadas basado en los días a lo largo de la temporada en el Golfo de Tribugá.*

Periodo de estudio	Número de días por mes					Total de días de esfuerzo	Total de días	Porcentaje de esfuerzo
	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre			
2010 27 de julio - 21 de agosto	0	4	10	0	0	14	26	54 %
2013 15 de junio - 20 de septiembre	5	13	15	9	0	42	98	43 %
2014 20 de julio - 11 de octubre	0	6	20	11	4	41	84	49 %
2015 26 de agosto - 14 de octubre	0	0	4	17	6	27	50	54 %
2016 29 de junio - 05 de octubre	1	19	20	19	3	62	99	63 %
2018 18 de julio - 01 de octubre	0	9	14	11	1	35	76	46 %
2019 02 de julio - 05 de octubre	0	17	19	13	1	50	96	52 %

2020	10 de octubre - 28 de octubre	0	0	0	0	9	9	19	47 %
2021	13 de agosto - 19 de octubre	0	0	11	14	9	34	68	50 %
2022	09 de julio - 18 de octubre	0	10	19	14	8	51	102	50 %
2023	07 de julio - 14 de octubre	0	15	20	20	9	64	100	64 %
2024	28 de junio - 05 de octubre	1	18	22	21	3	65	100	65 %

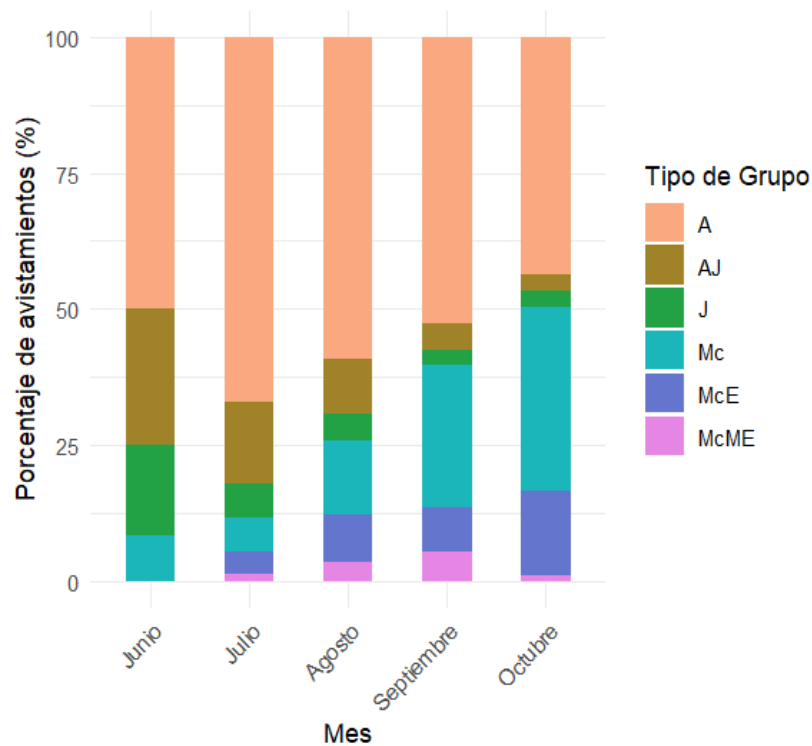
---

*Nota. Esfuerzo de estudio de ballenas jorobadas en el Golfo de Tribugá, expresado en número de días de monitoreo por mes y su porcentaje respecto al total del período evaluado.*

A lo largo de la temporada, se observó un aumento en el número de grupos de ballenas jorobadas. Sin embargo, la composición de los grupos se mantuvo relativamente constante durante las diferentes temporadas reproductivas, con una clara predominancia de grupos de solo adultos. La principal variación se evidenció en los grupos de madre con cría, cuya proporción de avistamientos aumentó progresivamente a lo largo de las temporadas. Adicionalmente, se resalta el patrón observado en los grupos con juveniles, presentando un mayor porcentaje de avistamientos en junio, y una disminución en el transcurso de los meses posteriores (Figura 2).

**Figura 2**

*Proporción de avistamientos de junio a octubre en el Golfo de Tribugá*



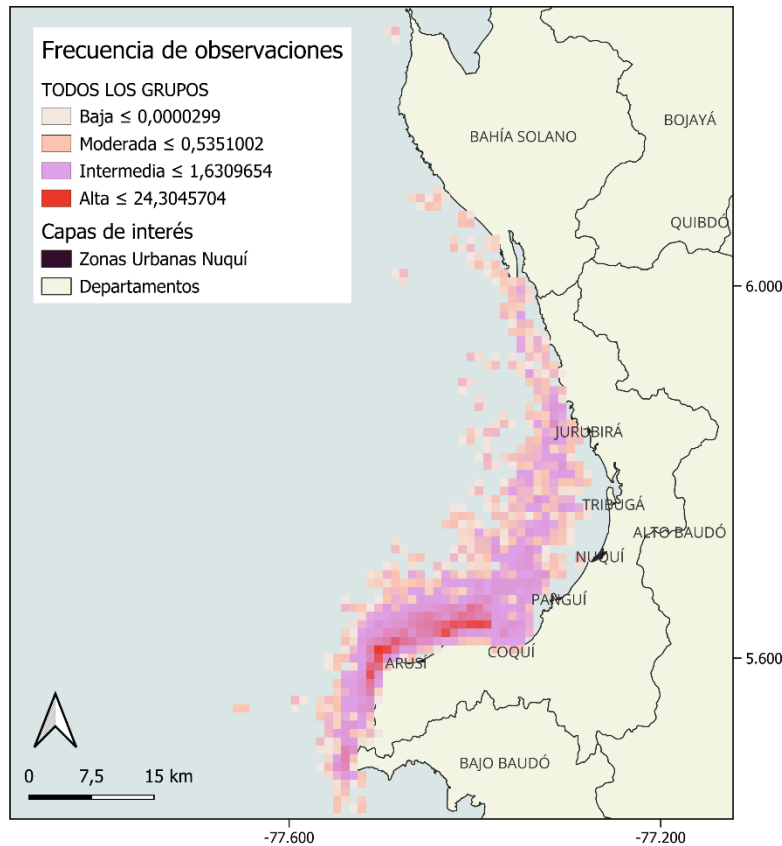
*Nota.* Distribución porcentual de los diferentes tipos de grupos de ballenas jorobadas en el Golfo de Tribugá durante el periodo de estudio.

#### 4.1 Análisis espaciales

Se delimitaron las áreas núcleo de distribución de los avistamientos de ballenas jorobadas (Figura 3), identificando una franja costera comprendida entre aproximadamente 5,5° y 6,0° de latitud norte. En este caso, aunque se registraron densidades altas (tono rojo) en el sector sur del área de estudio (entre las bahías de Coquí hacia Arusí), se advierte una amplia cobertura para las zonas con frecuencias intermedias distribuidas a lo largo del Golfo (tono morado).

**Figura 3**

*Mapa de calor (estimación de densidad de Kernel)*



*Nota.* Núcleos de la frecuencia de avistamientos de ballenas jorobadas en el Golfo de Tribugá durante la temporada reproductiva de 2010, 2013-2016, 2018-2024.

Para el conjunto de todos los avistamientos (2010-2024), se calculó el *Índice de vecinos más próximos*, donde valores cercanos a 1 indican una distribución aleatoria, mientras que valores próximos a 0 reflejan una distribución agrupada. Por el contrario, valores cercanos a 2 sugieren una distribución regular, caracterizada por distancias homogéneas entre los puntos. A su vez se obtiene un valor *Puntaje-Z*, en donde valores negativos más extremos indican que es menos probable que la distribución de los puntos sean producto del azar y tiende a estar agrupada, mientras que valores cercanos a 0 sugieren que la distribución podría responder a un proceso

aleatorio. Para un total de 1,286 avistamientos el índice fue de 0,386 (Tabla 2), lo que es consistente con una distribución concentrada o agrupada, ya que el valor se acerca a 0. El *Puntaje-Z* (-42.1247) permitió comparar la distribución de los datos con una distribución normal, pudiendo concluir que el patrón de dispersión espacial de los datos difícilmente responde a uno aleatorio, como también se evidencia en la Figura 3.

**Tabla 2**

*Resultados del Análisis de vecinos más próximos*

<b>Tipo de grupo</b>	<b>Distancia media observada</b>	<b>Distancia media esperada</b>	<b>Índice de vecino cercano</b>	<b>de más</b>	<b>Número de puntos</b>	<b>de Puntaje-Z</b>
Todos los avistamientos	0,0031	0,0081	0,3860		1286	-42,1247
Adultos	0,0040	0,0105	0,3795		741	-32,3152
Adultos-Juveniles	0,0107	0,0169	0,6338		121	-7,7062
Juveniles	0,0170	0,0271	0,6269		58	-5,4358
Madre-cría	0,0046	0,0123	0,3718		219	-17,7859
Madre-cría-Escolta	0,0086	0,0191	0,4508		102	-10,6102
Madre-cría-Múltiples Escoltas	0,0211	0,0274	0,7708		43	-2,8748

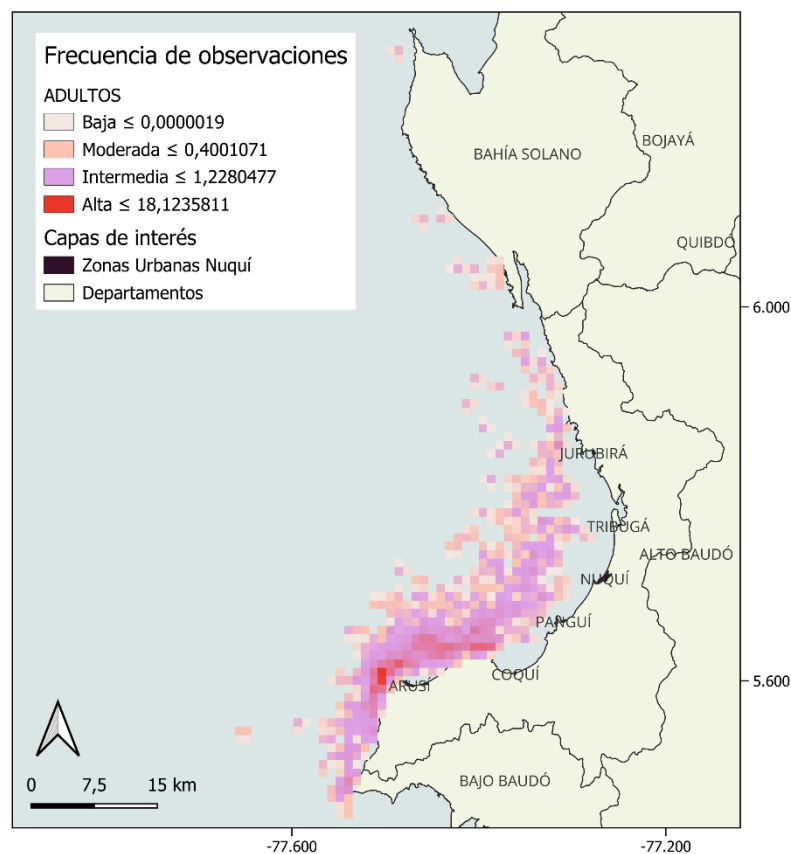
*Nota.* Resultados del Análisis de vecinos más próximos aplicado para todos los avistamientos y para cada uno de los tipos de grupo de ballenas jorobadas.

#### 4.1.1 Adultos

Los resultados del *Índice de vecinos más próximos* (0,3795) (Tabla 2) y *Puntaje-Z*, (-32,3152) permitieron identificar que la distribución espacial de los adultos presentó un patrón agrupado. La alta frecuencia de observación de estos grupos se concentró en las bahías de Coquí y Arusí (Figura 4).

**Figura 4**

*Mapa de calor (estimación de densidad de Kernel) solo adultos.*



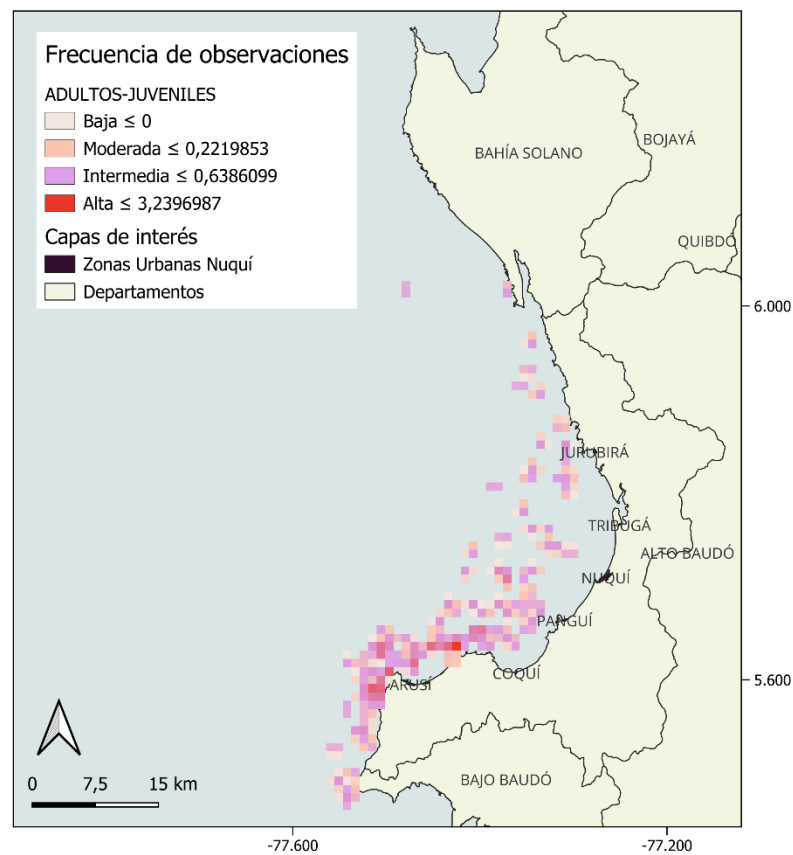
*Nota.* Núcleos de la frecuencia de avistamientos de grupos o individuos de solo adultos durante la temporada reproductiva de 2010, 2013-2016, 2018-2024.

#### 4.1.2 Adultos y juveniles

A partir de las observaciones de 121 grupos de adultos y juveniles no se identificaron núcleos evidentes de alta frecuencia de observación, observando solo algunas concentraciones menores (representadas por tonos ligeramente rojizos) frente a las bahías del corregimiento de Termales y Arusí (Figura 5). Este grupo presenta un Índice de vecinos más próximos de 0,6338 y un Puntaje-Z de -7,7062 (Tabla 2), indicando la falta de una estructura definida, por lo que para este grupo la distribución espacial sería aleatoria.

**Figura 5**

*Mapa de calor (estimación de densidad de Kernel) de grupos de adultos y juveniles.*



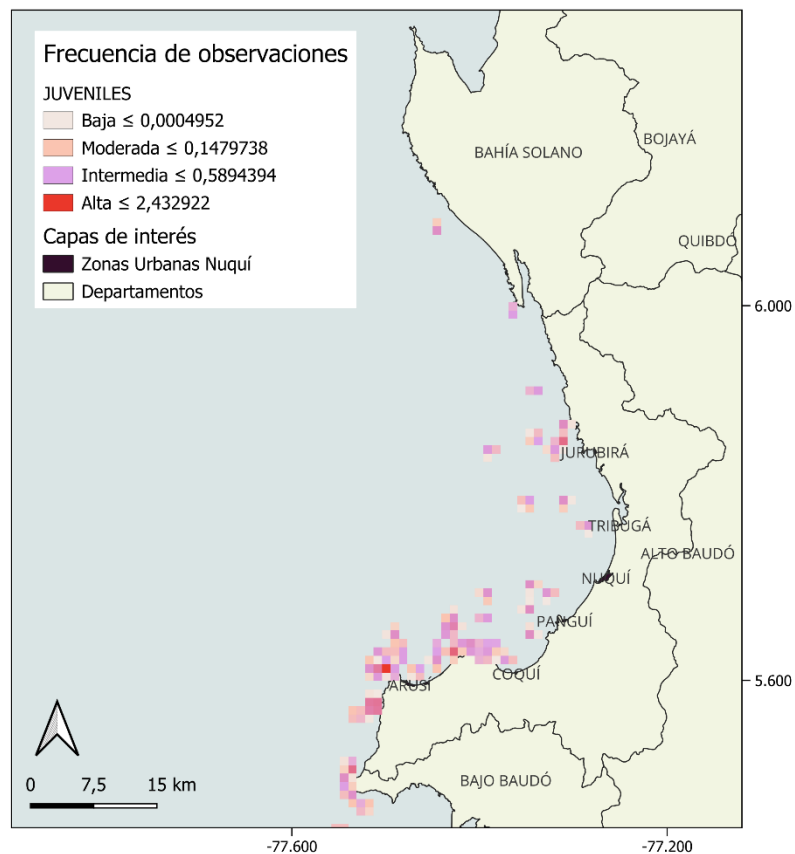
*Nota.* Núcleos de la frecuencia de avistamientos de adultos y juveniles durante la temporada reproductiva de 2010, 2013-2016, 2018-2024.

### 4.1.3 Juveniles

Con un total de 58 registros de grupos de solo juveniles, no se identificaron núcleos claros de alta frecuencia de observación. Sin embargo, se detectaron dos pequeñas concentraciones en el mapa, uno aproximadamente a la altura del corregimiento de Termales y otro frente a la bahía de Arusí (Figura 6). Estos grupos presentaron un Índice de vecinos más próximos de 0.6269 y un Puntaje-Z de -5.4358 (Tabla 2), lo que sugiere una distribución sin estructura definida (aleatoria).

**Figura 6**

*Mapa de calor (estimación de densidad de Kernel) de grupos de solo juveniles.*



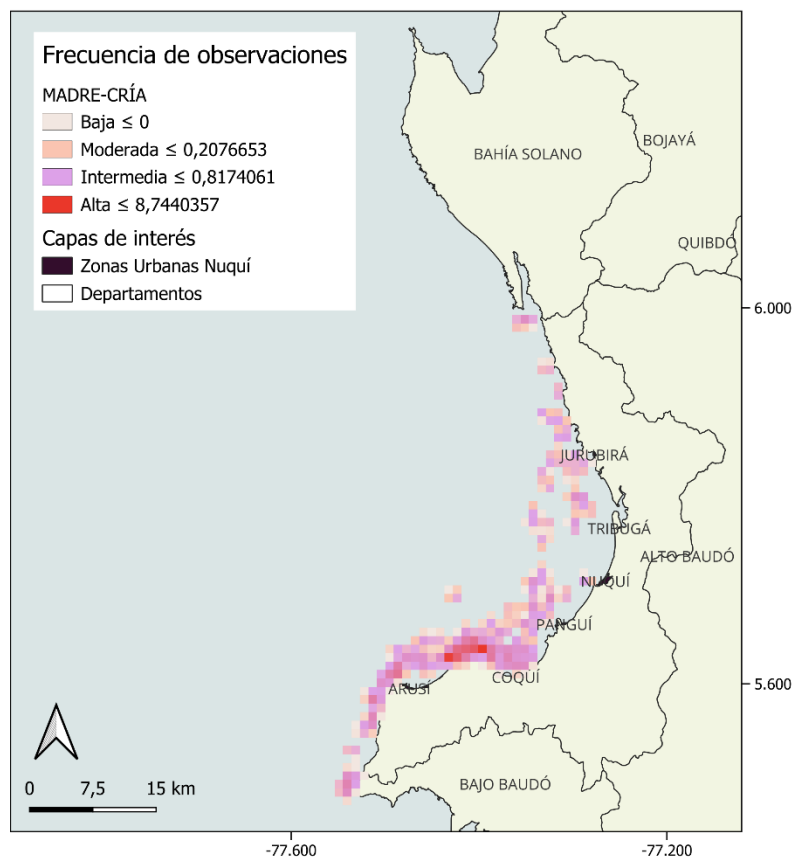
*Nota.* Núcleos de la frecuencia de avistamientos de solo juveniles durante la temporada reproductiva de 2010, 2013-2016, 2018-2024.

#### 4.1.4 Madre con cría

Con un total de 220 avistamientos, este grupo registró un Índice de vecinos más próximos de 0,3718 y un Puntaje-Z r de -17,7859 (Tabla 2). Estos valores son indicativos de un patrón de distribución agrupado. La alta frecuencia de observación de estos grupos se concentró especialmente frente a las bahías de Coquí-Joví (Figura 7).

**Figura 7**

*Mapa de calor (estimación de densidad de Kernel) de grupos de madre con cría*



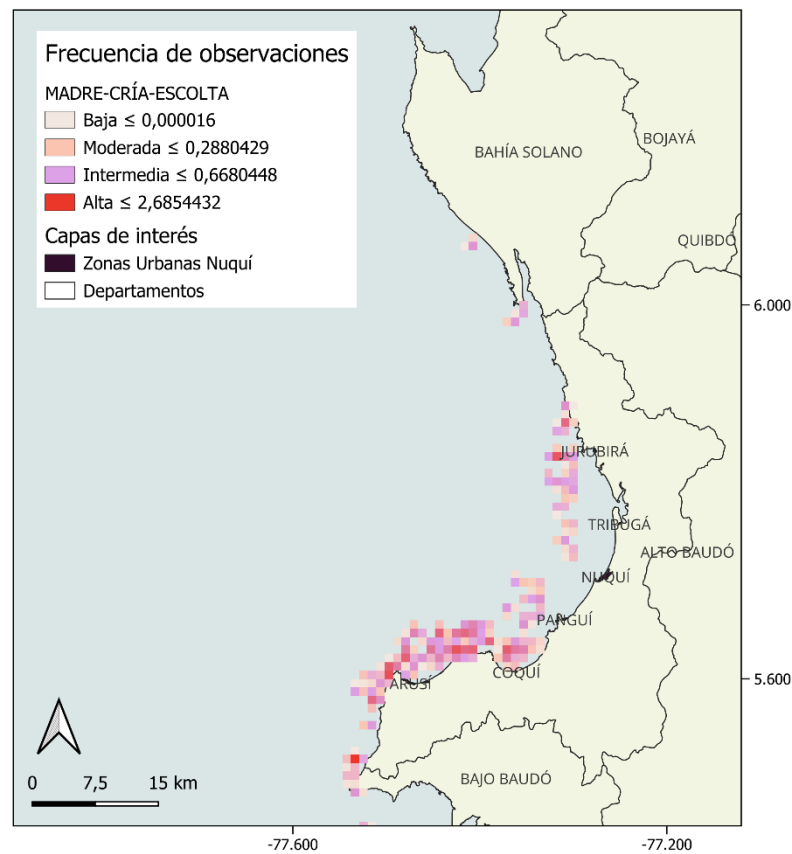
*Nota.* Núcleos de la frecuencia de avistamientos de madre con cría durante la temporada reproductiva de 2010, 2013-2016, 2018-2024.

#### 4.1.5 Madre con cría y escolta

Para un total de 102 observaciones de grupos de madre con cría y escolta, se identificaron varios núcleos de frecuencia de observación alta-intermedia en áreas cercanas a Coquí, Arusí y Jurubirá, con una frecuencia de alta a intermedia (Figura 8). Estos grupos presentaron un *Índice de vecinos más próximos* de 0,4508 y un *Puntaje -Z* de -10,6102 (Tabla 2), lo que sugiere una distribución agrupada.

**Figura 8**

*Mapa de calor (estimación de densidad de Kernel) de madre con cría y escolta*



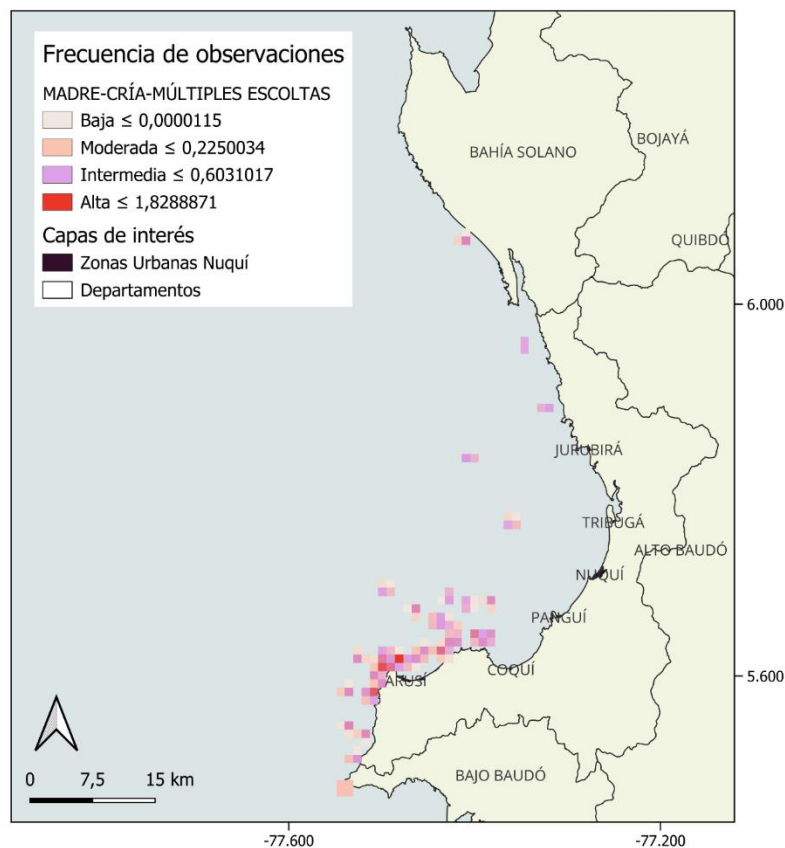
*Nota.* Núcleos de la frecuencia de avistamientos de madre con cría y escolta durante la temporada reproductiva de 2010, 2013-2016, 2018-2024.

#### 4.1.6 Madre con cría y múltiples escoltas

Con un total de 43 avistamientos, este tipo de grupo presentó un *Índice de vecinos más próximos* de 0,7708 y un *Puntaje-Z* de -2,8748 (Tabla 2). Estos valores evidencian un patrón de distribución aleatorio. A pesar de ello, en el mapa de calor se evidencian tonos ligeramente rojizos frente a la bahía de Arusí (Figura 9).

#### Figura 9

*Mapa de calor (estimación de densidad de Kernel) de madre con cría y múltiples escoltas.*



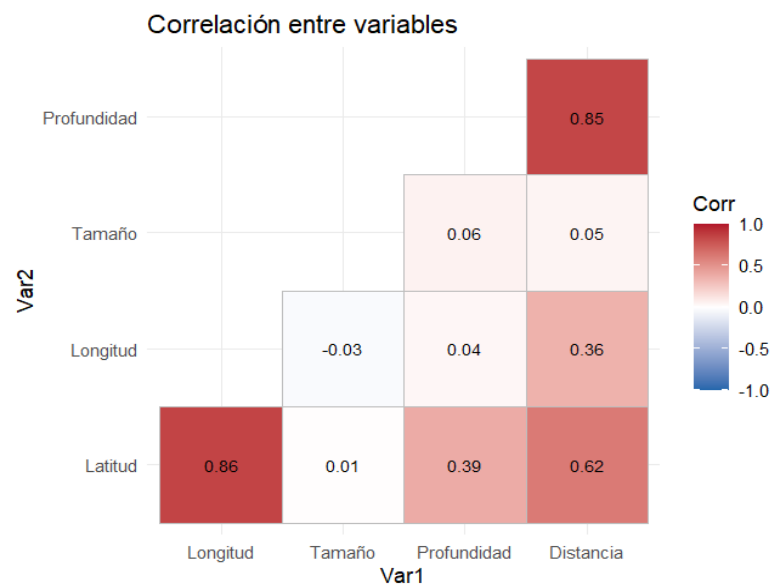
*Nota.* Núcleos de la frecuencia de avistamientos de madre con cría y múltiples escoltas durante la temporada reproductiva de 2010, 2013-2016, 2018-2024.

## 4.2 Variables topográficas y geográficas

Tras la revisión de la georreferenciación especificada en la metodología, se identificaron dos registros que permanecían dentro del límite costero, los cuales fueron eliminados. Una vez consolidada la base con la profundidad y distancia a la costa se analizó la multicolinealidad de los datos, utilizando una correlación de Spearman, como se observa en la Figura 10. Como resultado, en algunas variables se presenta una correlación alta como es el caso de la latitud y longitud. Para otras, como por ejemplo el tamaño de grupo se presentaron correlaciones débiles con las variables analizadas (Figura 10). Los resultados del PCA permitieron identificar que variables como la profundidad y la longitud fueron las más relevantes para explicar la variación observada en el conjunto de datos.

**Figura 10**

*Mapa de calor de correlación variables topográficas, geográficas y el tamaño del grupo*



*Nota.* Mapa de calor de correlación de Spearman entre el tamaño de grupo y las variables geográficas y topográficas en el Golfo de Tribugá. Los tonos más oscuros representan correlaciones más fuertes, positivas o negativas.

Para evaluar la autocorrelación espacial del tamaño de los grupos, se aplicó el estadístico I de Moran. El análisis arrojó un valor de  $I = 0.0053$ , con una expectativa bajo aleatoriedad de  $-0.0008$  y una varianza de  $0.00001$ . El valor del estadístico  $z$  fue de  $1.9$  y el valor de  $p = 0.03$ , lo que indica una autocorrelación espacial estadísticamente significativa. Aunque el valor de  $I$  es bajo y cercano a cero, su significancia sugiere la existencia de una débil tendencia a la agrupación espacial en los tamaños de grupo registrados.

Teniendo en cuenta los resultados exploratorios de la correlación de Spearman y el análisis de componentes principales, y de la autocorrelación espacial, se consideraron modelos autorregresivos simultáneos (SAR). Los resultados de los SAR permitieron identificar que la profundidad influyó de manera significativa ( $p < 0,05$ ) en el tamaño de los grupos (Tabla 3). La profundidad presentó una relación directamente proporcional ( $\beta = 0.001$ ), es decir a medida que incrementa, el tamaño de los grupos también lo hace. A pesar de no presentar un efecto significativo ( $p = 0.23$ ). La longitud presentó una relación inversamente proporcional, pero no influye de forma significativa. El modelo presentado en la tabla 3, tiene un valor de AIC de 5401.

**Tabla 3**

*Modelos autorregresivos simultáneos (SAR)*

<b>Variable</b>	<b>Coefficiente (<math>\beta</math>)</b>	<b>Error estándar</b>	<b>Valor z</b>	<b>p-valor</b>
Profundidad	0,001	0,0005	3,0016	0,003
Longitud	-0,97	0,79	-1,19	0,23

*Nota.* Se presentan los coeficientes estimados (Coeficiente ( $\beta$ ), error estándar, valores  $z$  y niveles de significancia ( $p$ -valor) para cada variable predictora.

## 5. Discusión

La Fundación Macuáticos Colombia ha mantenido, por 12 años, una plataforma de monitoreo y educación ambiental en el Golfo de Tribugá con un enfoque primario en ballenas jorobadas y registros oportunistas de pequeños cetáceos. Este monitoreo extensivo permitió la consolidación de una base de datos con 1,286 avistamientos georeferenciados y complementados con información sobre la composición y tamaño del grupo. Los datos resultantes complementan lo destacado previamente de esta zona como un área de reproducción prioritaria para las ballenas jorobadas del Stock G (Botero-Acosta, 2017; Huertas-Amaya et al., 2024; Medina-Martínez, 2015; Perazio et al., 2018; Rowell et al., 2021). El registro de 364 grupos que incluían crías, así como la presencia de grupos competitivos numerosos (>15 individuos), y el previo registro de machos cantores y actividad acústica añaden mayor evidencia de apoyo para la importancia de la zona en la reproducción y cuidado materno en el Golfo de Tribugá (Botero-Acosta, 2017; Medina-Martínez, 2015).

El mantenimiento del monitoreo a lo largo del tiempo permitió identificar patrones en la presencia de los distintos grupos a lo largo de la temporada. Los resultados resaltan la importancia y funcionalidad del Golfo como zona de reproducción para las ballenas jorobadas del Stock G, dada la alta abundancia de adultos en la primera parte de la temporada y el aumento progresivo de los grupos con cría hacia los meses finales del periodo reproductivo. A su vez, evidencian un patrón en los grupos de juveniles y grupos sin cría, que tienden a llegar y salir de las zonas de reproducción, antes que los grupos de madres con cría (Craig et al., 2003). Adicionalmente los resultados concuerdan con lo registrado en otras áreas de reproducción, ya que evidencian la tardía partida de hembras que inician el proceso de gestación (grupos de madre con cría), quienes

permanecen en aguas tranquilas hasta que las crías son lo suficientemente fuertes para emprender la migración hacia las zonas de alimentación (Craig et al., 2014; Guidino et al., 2014; Morete et al., 2007).

El objetivo de esta investigación fue describir la distribución espacial de los avistamientos a lo largo de los años de extensivo monitoreo. Los diferentes análisis espaciales muestran que la presencia y uso de hábitat de las ballenas jorobadas es consistente con una distribución agrupada. Esto es congruente con lo reportado para esta y otras áreas de reproducción, reportando hábitos extremadamente costeros de la especie. La mayoría de los individuos se encuentran entre 5 y 200 metros de profundidad (Bruce et al., 2014; Botero-Acosta, 2017; Derville et al., 2019; Zerbini et al., 2023). Sin embargo, las características de la plataforma continental en el Golfo de Tribugá, llevan a que este patrón sea menos evidente, ya que predominan los avistamientos en profundidades mayores. Como resultado, los individuos se concentran en una franja relativamente estrecha, lo que explicaría su distribución agrupada.

Adicionalmente, se evaluaron los patrones de distribución para cada uno de los tipos de grupo, destacando la diferenciación de grupos de madre con cría que presentan una distribución agrupada. Lo anterior es consistente con lo reportado anteriormente para el Golfo (Figura 7, 8) (Botero-Acosta, 2017). En particular, los grupos de madre con cría suelen ubicarse en aguas tranquilas y poco profundas, protegidas de depredadores, distantes de los grupos competitivos, en los que se presenta una competencia física intensa y que representa potenciales impactos negativos en la salud e integridad del ballenato, e incluso riesgo de separación de la madre (Ransome et al., 2022).

Este patrón contrasta con lo encontrado para los grupos de madre con cría y múltiples escoltas. Los escoltas de hembras con cría son casi exclusivamente machos (Baker y Herman, 1984, Clapham, 2000). Al asociarse con un par de madre con cría puede configurarse un grupo competitivo a su alrededor. En estos casos, ocupar zonas a mayores profundidades (abundantes en una zona como el Golfo de Tribugá) permitirían una mayor maniobrabilidad necesaria para la ejecución de comportamientos activos en superficie y sociales/agonísticos característicos en este tipo de grupos (Félix & Novillo, 2015). La distribución aleatoria reportada en el presente estudio coincide con lo reportado en otras áreas de reproducción, donde el comportamiento y la organización social impactan considerablemente la distribución de la especie (Avila et al., 2021; Botero-Acosta, 2017; Modest et al., 2021; Seyboth et al., 2023).

En contraste, para la profundidad se identificó una relación directamente proporcional con el tamaño de los grupos, con un efecto altamente significativo ( $p = 0.003$ ). Dado que el tamaño del grupo está intrínsecamente ligado al tipo de grupo, se puede inferir que las díadas y los grupos de madre con cría tienden a ocupar aguas menos profundas, evidenciando agregaciones en áreas someras cercanas a la costa (Figura 7). Las condiciones tranquilas que caracterizan estas áreas, permiten a las crías permanecer cerca de sus madres, comportamiento que puede ayudar con la lactancia y un menor gasto energético (Meynecke et al., 2021; Seyboth et al., 2023).

Por otro lado, se resalta la relación previamente mencionada y documentada de los grupos competitivos (grupos más numerosos) y el uso de mayores profundidades, existe abundante evidencia que asocia el tamaño de los grupos con la profundidad (Ersts & Rosenbaum, 2003; Frankel et al., 2011). Resaltando para estos grupos la necesidad de mayores profundidades para los comportamientos de competencia, caracterizados por una alta actividad en superficie y comportamientos agresivos (Felix et al. 2005, Clapham et al. 1992). La relación entre el tipo de

grupo, la etapa reproductiva de los individuos y su distribución en función de la profundidad ha sido ampliamente estudiada en distintas áreas de reproducción de la especie. Investigaciones previas han documentado cómo estos factores influyen en los patrones espaciales de las ballenas jorobadas, evidenciando que ciertos grupos, dependiendo de su composición y estado reproductivo, tienden a ocupar hábitats con características específicas de profundidad (Ersts & Rosenbaum, 2003; Guidino et al., 2014; Lindsay et al., 2016).

A pesar de lo encontrado, cabe resaltar que, para confirmar un patrón espacial segregado entre los distintos tipos de grupo, sería necesario incorporar elementos sistemáticos al muestreo, para abarcar un rango más amplio de profundidades o alternatively incorporar información sobre el esfuerzo de muestreo. Considerando que los esfuerzos de la Fundación Macuáticos Colombia sólo emplearon transectos lineales para la temporada reproductiva del año 2010, podrían haberse generado sesgos en los resultados, limitando las posibilidades de análisis de distribución (Guidino et al., 2014; Mann, 1999; Williams et al., 2007). En este contexto, la frecuencia de avistamientos puede variar entre los diferentes tipos de grupos dependiendo del método de muestreo utilizado, ya sea transectos sistemáticos o navegación aleatoria. Por ello, se interpretan estos resultados en función de la frecuencia de avistamientos.

En consecuencia, los resultados condensados en esta pasantía reafirman la importancia del Golfo de Tribugá como un área clave para la reproducción de las ballenas jorobadas del Stock G. El aumento de la presencia de madres con cría y la composición de los grupos a lo largo de la temporada, destacan la función del Golfo como un hábitat crítico dentro del corredor reproductivo del Stock G. Describir la distribución espacial de la especie, los patrones de distribución de los grupos y su relación con variables como la profundidad, aportan al conocimiento ecológico de la especie, a su conservación y a su vez destacan las áreas con alta frecuencia de avistamientos,

correspondientes a las bahías de Coquí-Joví y Arusí, que coinciden con zonas tradicionalmente reconocidas por la comunidad local como sitios de encuentro frecuente, reforzando la importancia del conocimiento empírico de los habitantes y operadores turísticos locales.

Adicionalmente, los resultados del presente estudio permitirán la continuación de las actividades de socialización con comunidades locales (Apéndice B) para promover prácticas de avistamiento responsable que garanticen la conservación de la especie, como la apropiación y defensa del territorio, y el fortalecimiento de las economías locales, por medio del reconocimiento de zonas claves de frecuencias de avistamiento. Ofrecen, además, insumos claves para fortalecer el manejo del área, ya que, adquieren una relevancia particular en el contexto del Distrito Regional de Manejo Integrado Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes (DRMI), reafirmando la necesidad de continuar con estrategias de conservación del área protegida y la necesidad de múltiples monitoreos para describir la importancia del Golfo en temas de conservación.

## **6. Conclusiones**

Este proyecto identificó múltiples zonas con alta frecuencia de avistamientos de ballenas jrobadas en el Golfo de Tribugá, Pacífico norte colombiano, por medio de gráficos de densidad que señalan aquellas zonas en las que se concentraron los avistamientos. A su vez, se aplicaron análisis espaciales para describir el patrón de distribución de avistamientos realizados por Fundación Macuáticos Colombia, los cuales presentaron una distribución agrupada, que es consistente, con los hábitos de la especie extremadamente costeros, destacando las frecuencias altas en puntos focales del Golfo. De manera complementaria, se describieron los patrones de frecuencias de los avistamientos para cada uno de los tipos de grupo, identificando cómo varían los patrones de distribución a partir de la conformación de distintos grupos, entre las que se

destacan la variación entre los grupos de madre con cría, y la aleatoriedad que agregan a su distribución el aumento de los acompañantes (madres con cría y múltiples escoltas).

La consideración de variables topográficas y geográficas permitió la descripción de los promedios para todos los avistamientos, identificando la relación directamente proporcional entre la profundidad y el tamaño de los grupos, y resaltando la variación en la distribución de acuerdo a la distancia a la costa. Los resultados del monitoreo, permiten describir la importancia del Golfo de Tribugá como una zona de reproducción del Stock G, con implicaciones en la presencia de grupos de competencia, machos cantores y grupos con cría. Los resultados obtenidos en este proyecto refuerzan la necesidad de integrar el conocimiento de la distribución espacial de las ballenas jorobadas en el diseño e implementación de medidas de manejo que respondan a los retos actuales en zonas costeras del Pacífico colombiano. La identificación de áreas de alta recurrencia de grupos clave para la salud de las poblaciones, como los grupos de madre con cría, cobra especial relevancia al coincidir con zonas de alto interés turístico, como la playa de Guachalito en la bahía de Joví. Estos hallazgos permiten destacar la importancia de áreas que, además de su valor ecológico, representan espacios de influencia y dependencia para las comunidades locales.

El interés que generan los comportamientos en superficie de esta especie resalta la necesidad de su conservación no solo por sus beneficios ecológicos, sino también por sus aportes culturales, por su potencial para fortalecer procesos integrales de conservación, como la sostenibilidad de fuentes laborales y la seguridad alimentaria, y por su papel en el fortalecimiento de la identidad de comunidades que históricamente han sido marginadas y afectadas por el abandono estatal.

Adicionalmente, los resultados enriquecen el componente formativo del proyecto de avistamiento sostenible desarrollado en la región, al ofrecer evidencia sobre la distribución

espacio-temporal de los distintos grupos a lo largo de la temporada reproductiva. La identificación de zonas clave permite fundamentar la necesidad de acuerdos comunitarios e interinstitucionales que garanticen una navegación responsable en el Golfo de Tribugá. Si bien existen lineamientos que orientan el turismo de observación, es fundamental que tales medidas se amplíen a contextos más amplios de tránsito marítimo en áreas con alta frecuencia de ballenas, especialmente en sectores de entrada y salida constante de embarcaciones. Por medio de la socialización con público en general y actores clave dentro de las comunidades locales, autoridades civiles y ambientales del territorio, y su posterior publicación, se espera que este proyecto genere aportes considerables a las medidas de conservación para las ballenas jorobadas, reafirmando la necesidad de protección y conservación del Golfo de Tribugá.

## **7. Recomendaciones**

El presente estudio destaca la importancia del Golfo de Tribugá como una zona de reproducción clave para las ballenas jorobadas, tanto para los grupos competitivos que precisan zonas de mayor profundidad donde tienen mayor maniobrabilidad, los grupos con cría que prefieren zonas someras y menos expuestas, o los machos cantores que se benefician de estos ambientes sonoros prístinos. En este sentido, además, es preciso continuar con el monitoreo a largo plazo e incorporar variables ambientales adicionales que puedan mejorar nuestro entendimiento de la distribución espacial de la especie. Se recomienda considerar información del esfuerzo de muestreo que permita aumentar la aplicabilidad de los datos de georeferenciación de los avistamientos de ballenas jorobadas, permitiendo aproximaciones a los patrones de distribución espacial, uso de hábitat e incluso la intersección entre distribución espacial y abundancia poblacional.

Además, la riqueza de los datos recopilados a lo largo de las temporadas permite desarrollar diversas investigaciones sobre el calendario migratorio de la especie. En particular, estos datos pueden contribuir a la identificación de períodos críticos para la salud de los individuos, como el aumento de grupos de madre con cría hacia el final de la temporada. Estos no solo facilitan la identificación de áreas con alta frecuencia de avistamientos, fundamentales para la conservación de la especie, sino también el análisis de los patrones migratorios a lo largo de la temporada, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones.

Adicionalmente, es fundamental evaluar la influencia de la actividad turística sobre la distribución y comportamiento de las ballenas, con el fin de establecer lineamientos de buenas prácticas para el avistamiento responsable y minimizar los potenciales impactos en la especie. También se recomienda la integración de modelos de nicho ecológico y análisis multivariados que permitan un enfoque más preciso en la identificación de factores determinantes en la selección de hábitat en la región.

Por último, se enfatiza la importancia de fortalecer la integración de estos hallazgos en las políticas de manejo del Distrito Regional de Manejo Integrado Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes (DRMI), asegurando que la información científica generada contribuya directamente a estrategias de conservación y gestión adaptativa del área protegida. La consolidación y análisis continuo de esta base de datos representan un punto de partida para futuras investigaciones que refuercen la protección de los mamíferos marinos y promuevan el bienestar de las comunidades locales que dependen del ecoturismo y la biodiversidad marina.

### Referencias Bibliográficas

- Acevedo, A., Science, M. S.-M. M., & 1995, undefined. (1995). First records of humpback whales including calves at Golfo Dulce and Isla del Coco, Costa Rica, suggesting geographical overlap of northern and southern. *Academia.Edu* Acevedo, MA *SmulteaMarine Mammal Science*, 1995•*academia.Edu*. <https://www.academia.edu/download/48360088/j.1748-7692.1995.tb00677.x20160827-20754-ho25f.pdf>
- Amador Luna, D., Alonso-Chaves, F. M., & Fernández, C. (2024). Kernel Density Estimation for the Interpretation of Seismic Big Data in Tectonics Using QGIS: The Türkiye–Syria Earthquakes (2023). *Remote Sensing* 2024, Vol. 16, Page 3849, 16(20), 3849. <https://doi.org/10.3390/RS16203849>
- Avila, I. C., Ortega, L. F., Pretel, C., & Mayor, G. (2021). A decade of whale watching in an important tourist destination in the Pacific coast of Colombia: Challenges for proper management. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 16(1), 23–32. <https://doi.org/10.5597/LAJAM00267>
- Awbery, T., Akkaya, A., Lyne, P., Rudd, L., Hoogenstrijd, G., Nedelcu, M., Kniha, D., Erdoğan, M. A., Persad, C., Amaha Öztürk, A., & Öztürk, B. (2022). Spatial Distribution and Encounter Rates of Delphinids and Deep Diving Cetaceans in the Eastern Mediterranean Sea of Turkey and the Extent of Overlap With Areas of Dense Marine Traffic. *Frontiers in Marine Science*, 9, 860242. <https://doi.org/10.3389/FMARS.2022.860242/BIBTEX>
- Baker, C. S., & Herman, L. M. (1984). Aggressive behavior between humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) wintering in Hawaiian waters. *Canadian Journal of Zoology*, 62(10).
- Bivand, R., Piras, G., & Bernat, A. (2024). Package “spatialreg.” <https://doi.org/10.1080/01621459.1975.10480272>

- Botero-Acosta, N. B. (2017). *Escorting of Mother-Calf Pairs of Humpback Whales (Megaptera novaeangliae novaeangliae) in the Colombian Pacific during the Breeding Season*.  
<https://aquila.usm.edu/dissertations>
- Botero-Acosta, N., López-Marulanda, J., Ocampo, E, Archivo (2025). Diagnóstico de la identidad taxonómica, distribución espacial y estructura social de la comunidad de mamíferos marinos en el Golfo de Tribugá, Pacífico norte colombiano. Manuscrito inédito.
- Bruce, E., Albright, L., Sheehan, S., & Blewitt, M. (2014). Distribution patterns of migrating humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in Jervis Bay, Australia: A spatial analysis using geographical citizen science data. *Applied Geography*, 54, 83–95.  
<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.06.014>
- Charles W. J. Withers. (2017). *Zero Degrees: Geographies of the Prime Meridian - Charles W. J. Withers - Google Libros*.  
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=OVI7DgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Significance+of+the+Greenwich+Meridian+in+cartography+and+navigation&ots=T6CdSjJeO&sig=wRLjWG\\_bew9INLTLYWioVq1QMA#v=onepage&q=Significance%20of%20the%20Greenwich%20Meridian%20in%20cartography%20and%20navigation&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=OVI7DgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Significance+of+the+Greenwich+Meridian+in+cartography+and+navigation&ots=T6CdSjJeO&sig=wRLjWG_bew9INLTLYWioVq1QMA#v=onepage&q=Significance%20of%20the%20Greenwich%20Meridian%20in%20cartography%20and%20navigation&f=false)
- Chou, E., Kershaw, F., Maxwell, S. M., Collins, T., Strindberg, S., & Rosenbaum, H. C. (2020). Distribution of breeding humpback whale habitats and overlap with cumulative anthropogenic impacts in the Eastern Tropical Atlantic. *Diversity and Distributions*, 26(5), 549–564.  
<https://doi.org/10.1111/DDI.13033>
- Clapham, P. (2000). *Cetacean Societies: Field Studies of Dolphins and Whales - Google Libro*
- Clapham, P. J. (2018). Humpback Whale: *Megaptera novaeangliae*. *Encyclopedia of Marine Mammals, Third Edition*, 489–492. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804327-1.00154-0>

- Clapham, P. J., Palsbø, P. J., Mattila, D. K., & Vasquez, O. (1992). Composition and Dynamics of Humpback Whale Competitive Groups in the West Indies. *Behaviour*, 122(3/4), 182–194. <http://www.jstor.org/stable/4535048>
- CodeChoco. (2014). *Acuerdo No. 011 de 2014: Creación del Distrito Regional de Manejo Integrado del Golfo de Tribugá - Cabo Corrientes . Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó.* <https://codechoco.gov.co/loader.php?IServicio=Tools2&ITipo=viewpdf&id=56>
- Craig, A. S., Herman, L. M., Gabriele, C. M., & Pack, A. A. (2003). *Migratory Timing of Humpback Whales (Megaptera novaeangliae) in the Central North Pacific Varies with Age, Sex and Reproductive Status.* 140(9), 981–1001.
- Craig, A. S., Herman, L. M., Pack, A. A., & Waterman, J. O. (2014). Habitat segregation by female humpback whales in Hawaiian waters: avoidance of males? *Behaviour*, 151(5), 613–631. <https://doi.org/10.1163/1568539X-00003151>
- DANE. (2023). *Nivel Area censal urbana (cabeceras y centros poblados) - Marco Geoestadístico Nacional.* [www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co)
- De Weerd, J., Ramos, E. A., & Cheeseman, T. (2020). Northernmost records of Southern Hemisphere humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) migrating from the Antarctic Peninsula to the Pacific coast of Nicaragua. *Marine Mammal Science*, 36(3), 1015–1021. <https://doi.org/10.1111/MMS.12677>
- Derville, S., Torres, L. G., Dodémont, R., Perard, V., & Garrigue, C. (2019). From land and sea, long-term data reveal persistent humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) breeding habitat in New Caledonia. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 29(10), 1697–1711. <https://doi.org/10.1002/AQC.3127>

- Devis Morales, A., García Hansen, I., Málikov, I., & Villegas Bolaños, N. L. (2002). *Compilación Oceanográfica de la Cuenca Pacífica Colombiana. Compilación Oceanográfica de La Cuenca Pacífica Colombiana*. <https://doi.org/10.26640/9583338699.2002>
- Díaz, J. M., Guillot, L., & Velandia, M. C. (2016). *La pesca artesanal en la costa norte del Pacífico colombiano: un horizonte ambivalente*. [https://marviva.net/wp-content/uploads/2021/11/la\\_pesca\\_artesanal\\_final\\_web.pdf](https://marviva.net/wp-content/uploads/2021/11/la_pesca_artesanal_final_web.pdf)
- Ersts, P. J., & Rosenbaum, H. C. (2003). Habitat preference reflects social organization of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) on a wintering ground. *Journal of Zoology*, 260(4), 337–345. <https://doi.org/10.1017/S0952836903003807>
- Félix, F., & Botero-Acosta, N. (2011). Distribution and behaviour of humpback whale mother-calf pairs during the breeding season off Ecuador. *Marine Ecology Progress Series*, 426, 277–287. <https://doi.org/10.3354/meps08984>
- Felix, F., & Haase, B. (2005). Distribution of humpback whales along the coast of Ecuador and management implications. *J. Cetacean Res. Manage.*, 7(1), 21–31. <https://doi.org/10.47536/jcrm.v7i1.753>
- Félix, F., & Novillo, J. (2015). Structure and Dynamics of Humpback Whales Competitive Groups in Ecuador. *Animal Behavior and Cognition*, 2(1), 56–70. <https://doi.org/10.12966/abc.02.05.2015>
- Florez-Gonzalez, L., Avila, I. C., Capella Alzueta, J., Falk F., P., Felix, F., Giggons, J., Guzmán, H. M., Haase, B., Herrera C., J. C., Pena, V., Santillan, L., Tobon B., I. C., & Van Waerebeek, K. (2007). Estrategia para la conservación de la ballena jorobada del Pacífico sudeste. Lineamientos para un plan de acción regional e iniciativas nacionales. <http://repository.si.edu/xmlui/handle/10088/11897>

- Frankel, A. S., Clark, C. W., Herman, L. M., & Gabriele, C. M. (2011). Spatial distribution, habitat utilization, and social interactions of humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, off Hawai'i, determined using acoustic and visual techniques. *Https://Doi.Org/10.1139/Z95-135*, 73(6), 1134–1146. <https://doi.org/10.1139/Z95-135>
- Friedlaender, A., Halpin, P., ... S. Q.-M. E., & 2006, undefined. (2006). Whale distribution in relation to prey abundance and oceanographic processes in shelf waters of the Western Antarctic Peninsula. *Int-Res.ComAS Friedlaender, PN Halpin, SS Qian, GL Lawson, PH Wiebe, D Thiele, AJ ReadMarine Ecology Progress Series, 2006•int-Res.Com.* <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v317/p297-310/>
- Galvis, J., & Mojica, J. (1993). Geología. In P. Leyva (Ed.), *Colombia Pacífico Tomo I* (pp. 80–95). Fondo para la Protección del Medio Ambiente “José Celestino Mutis” FEN Colombia. <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/596617>
- GEBCO. (2024). *General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO) Gridded Bathymetry Data*. <https://www.gebco.net>
- Guidino, C., Llapapasca, M. A., Silva, S., Alcorta, B., & Pacheco, A. S. (2014). Patterns of Spatial and Temporal Distribution of Humpback Whales at the Southern Limit of the Southeast Pacific Breeding Area. *PLOS ONE*, 9(11), e112627. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0112627>
- Guisan, A., & Zimmermann, N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135(2–3), 147–186. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00354-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00354-9)
- Harvey, G. K. A., Nelson, T. A., Fox, C. H., & Paquet, P. C. (2017). Quantifying marine mammal hotspots in British Columbia, Canada. *Ecosphere*, 8(7), e01884. <https://doi.org/10.1002/ECS2.1884>

- Huertas-Amaya, L. V., Boyle, J. K., Botero-Acosta, N., Luna-Acosta, A., & Seger, K. D. (2024). *Acoustic Models to Consider Noise Pollution from a Possible Port on Humpback Whales in the Gulf of Tribugá, Colombia*. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-10417-6\\_69-2](https://doi.org/10.1007/978-3-031-10417-6_69-2)
- INVEMAR. (2022). *Línea de Costa Pacífico, GEO*. <https://siam.invemar.org.co>.
- IWC. (1998). *Annex G-Report of the sub-committee on the comprehensive assessment of Southern hemisphere humpback whales*. <https://archive.iwc.int/pages/download.php?ref=287&ext=pdf&alternative=741&noattach=true&k=863fb3923a>
- IWC. (2011). *Final Report on the Assessment of the Southern Hemisphere Humpback Whale Breeding Stock B*.
- Jackson, J. A., Ross-Gillespie, A., Butterworth, D., & Findlay, K., H. S. (2015). *Southern Hemisphere Humpback Whale Comprehensive Assessment — A Synthesis and Summary: 2005-2015*. . <https://journal.iwc.int/index.php/jcrm/article/download/859/767>
- Jaramillo, C., & Bayona, G. (2000). Mangrove distribution during the Holocene in Tribuga Gulf, Colombia. *Biotropica*, 32(1), 14–22. <https://doi.org/10.1111/J.1744-7429.2000.TB00443.X>
- Kalashnikova, E., Botero-Acosta, N., Mesa, E. D., Gascón, P., Lyne, P., Cheeseman, T., Vogel, A., Kennedy, A., & Akkaya, A. (2024). *Interbreeding area movement of an adult humpback whale between the east Pacific Ocean and southwest Indian Ocean*. <https://doi.org/10.1098/rsos.241361>
- Karamitros, G., Gkafas, G. A., Giantsis, I. A., Martsikalis, P., Kavouras, M., & Exadactylos, A. (2020). Model-Based Distribution and Abundance of Three Delphinidae in the Mediterranean. *Animals* 2020, Vol. 10, Page 260, 10(2), 260. <https://doi.org/10.3390/ANI10020260>
- Khlyap, L. A., Warshavsky, A. A., Dergunova, N. N., Osipov, F. A., & Petrosyan, V. G. (2023). The Most Dangerous Invasive Near-Water Mammals in Russia: Ensemble Models of Spatial

Distribution. *Russian Journal of Biological Invasions*, 14(3), 457–483.  
<https://doi.org/10.1134/S2075111723030104/TABLES/2>

Lindsay, R., Constantine, R., ... J. R.-M. E., & 2016, undefined. (2016). Characterising essential breeding habitat for whales informs the development of large-scale Marine Protected Areas in the South Pacific. *Int-Res.ComRE Lindsay, R Constantine, J Robbins, DK Mattila, A Tagarino, TE DennisMarine Ecology Progress Series, 2016•int-Res.Com.* <https://doi.org/10.3354/meps11663>

Liu, Q., & Lee, J. (2023). Spatio temporal Nearest Neighbor Analytics. *Spatiotemporal Analytics*, 53–87. <https://doi.org/10.1201/9781003304395-4/SPATIOTEMPORAL-NEAREST-NEIGHBOR-ANALYTICS-QINGSONG-LIU-JAY-LEE>

Mann, J. (1999). Behavioral sampling methods for cetaceans: A review and critique. *Marine Mammal Science*, 15(1), 102–122. <https://doi.org/10.1111/J.1748-7692.1999.TB00784.X>

Mattila, D. K., Clapham, P. J., Katona, S. K., & Stone, G. S. (2011). Population composition of humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, on Silver Bank, 1984. *Canadian Journal of Zoology*, 67(2), 281–285. <https://doi.org/10.1139/Z89-041>

Medina-Martínez, C. (2015). *Caracterización de los grupos competitivos de ballenas jorobadas (Megaptera novaeangliae) en el Golfo de Tribugá, Pacífico Colombiano*. Universidad de Antioquía.

Meynecke, J. O., de Bie, J., Barraqueta, J. L. M., Seyboth, E., Dey, S. P., Lee, S. B., Samanta, S., Vichi, M., Findlay, K., Roychoudhury, A., & Mackey, B. (2021). The Role of Environmental Drivers in Humpback Whale Distribution, Movement and Behavior: A Review. *Frontiers in Marine Science*, 8, 720774. <https://doi.org/10.3389/FMARS.2021.720774/PDF>

Modest, M., Irvine, L., Andrews-Goff, V., Gough, W., Johnston, D., Nowacek, D., Pallin, L., Read, A., Moore, R. T., & Friedlaender, A. (2021). First description of migratory behavior of humpback

whales from an Antarctic feeding ground to a tropical calving ground. *Animal Biotelemetry*, 9(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/S40317-021-00266-8/FIGURES/5>

Moreno-Colom, P., Ten, S., Raga, J. A., & Aznar, F. J. (2020). Spatial distribution and aggregation of *Xenobalanus globicipitis* on the flukes of striped dolphins, *Stenella coeruleoalba*: An indicator of host hydrodynamics? *Marine Mammal Science*, 36(3), 897–914. <https://doi.org/10.1111/MMS.12691>

Morete, M. E., Bisi, T. L., & Rosso, S. (2007). Temporal pattern of humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) group structure around Abrolhos Archipelago breeding region, Bahia, Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87(1), 87–92. <https://doi.org/10.1017/S0025315407054616>

Nelder, J. A., & Wedderburn, R. W. M. (1972). Generalized Linear Models. *Journal of the Royal Statistical Society Series A: Statistics in Society*, 135(3), 370–384. <https://doi.org/10.2307/2344614>

Nowacek, D. P., Friedlaender, A. S., Halpin, P. N., Hazen, E. L., Johnston, D. W., Read, A. J., Espinasse, B., Zhou, M., & Zhu, Y. (2011). Super-aggregations of krill and humpback whales in Wilhelmina bay, Antarctic Peninsula. *PLoS ONE*, 6(4). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0019173>

Perazio, C., Zapetis, M., Roberson, D., Botero, N., & Kuczaj, S. (2018). *Humpback whale, Megaptera novaeangliae, song during the breeding season in the Gulf of Tribugá, Colombian Pacific*. <https://www.ajol.info/index.php/mcd/article/view/164487/154001>

Plata, C., Ortíz, R., Marentes, E., & Lozano, J. (2021). *Laboratorio de datos, Ciclo de formación*. <https://biodiversidad.co/formacion/laboratorios>

- Pratezi, M. R., & Rollo, M. M. (2024). Navigating in harmony: Investigating spatial correlations between cetacean distribution and marine traffic in the Santos Basin, Brazil. *Ocean & Coastal Management*, 255, 107266. <https://doi.org/10.1016/J.OCECOAMAN.2024.107266>
- QGIS.org. (2024). *QGIS - Geographic Information System* (3.34.14-Prizren). QGIS Association. <http://www.qgis.org>
- Ransome, N., Kew, A., Duque, E., Morais, M., Wright, W., & Smith, J. N. (2022). Escorting of a mother humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) and the death of her calf during aggressive mating behavior. *Marine Mammal Science*, 38(4), 1643. <https://doi.org/10.1111/MMS.12922>
- Rowell, T. J., Schofield, G., Seger, K. D., Paula Rey-Baquero, M., Valentina Huertas-Amaya, L., Botero-Acosta, N., Luna-Acosta, A., Perazio, C. E., Boyle, J. K., Rosenthal, S., & Carole Vallejo, A. (2021). Understanding Effects of Whale-Watching Vessel Noise on Humpback Whale Song in the North Pacific Coast of Colombia With Propagation Models of Masking and Acoustic Data Observations Modeling Whale-Watching Boat Masking. *Frontiers in Marine Science | Www.Frontiersin.Org*, 8, 623724. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.623724>
- RStudio Team. (2024). RStudio: Integrated Development Environment for R (2024.12.0+467). Posit Software, PBC. <https://www.rstudio.com/>
- Sánchez, C., & Díaz, J. (2017). *Informe del Monitoreo Pesquero Participativo en el Distrito Regional de Manejo Integrado “Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes” de enero a abril del 2017*. <https://scholar.archive.org/work/xtkfsgnhpzhwpnhrsnkuftc2sm>
- Seyboth, E., Meynecke, J. O., de Bie, J., Roychoudhury, A., & Findlay, K. (2023). A review of post-whaling abundance, trends, changes in distribution and migration patterns, and supplementary

feeding of Southern Hemisphere humpback whales. *Frontiers in Marine Science*, 10, 997491. <https://doi.org/10.3389/FMARS.2023.997491/PDF>

Smith, J. N., Grantham, H. S., Gales, N., Double, M. C., Noad, M. J., & Paton, D. (2012). Identification of humpback whale breeding and calving habitat in the Great Barrier Reef. *Marine Ecology Progress Series*, 447, 259–272. <https://doi.org/10.3354/meps09462>

Valani, R., Meynecke, J. O., & Olsen, M. T. (2020). Presence and movement of humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) mother-calf pairs in the Gold Coast, Australia. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 53(5–6), 251–263. <https://doi.org/10.1080/10236244.2020.1850177>

Valencia, B., Rivera-Gómez, M., Jerez-Guerrero, M., Rondón-Ramos, M., & Giraldo, A. (2024). Temporal and spatial variability of ichthyoplankton assemblages in the Eastern Tropical Pacific off Colombia. *Continental Shelf Research*, 275, 105228. <https://doi.org/10.1016/J.CSR.2024.105228>

Velandia, M. C., & Díaz, J. M. (2015). *Atlas Marino-Costero del Pacífico Norte Colombiano*. [https://marviva.net/wp-content/uploads/2021/11/atlas\\_marino\\_costerofinal\\_pagmayo10\\_web\\_baja.pdf](https://marviva.net/wp-content/uploads/2021/11/atlas_marino_costerofinal_pagmayo10_web_baja.pdf)

Villate-Moreno, M., Cubillos, J. C. M., Stibor, H., Crawford, A. J., & Straube, N. (2022). Molecular identification and first demographic insights of sharks based on artisanal fisheries bycatch in the Pacific Coast of Colombia: implications for conservation. *PeerJ*, 10, e13478. <https://doi.org/10.7717/PEERJ.13478/SUPP-3>

Williams, R., Leaper, R., Zerbini, A. N., & Hammond, P. S. (2007). Methods for investigating measurement error in cetacean line-transect surveys. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87(1), 313–320. <https://doi.org/10.1017/S0025315407055154>

Zeppel, H., & Muloin, S. (2008). Conservation Benefits of Interpretation on Marine Wildlife Tours.

*Human Dimensions of Wildlife*, 13(4), 280–294. <https://doi.org/10.1080/10871200802187105>

Zerbini, A. N., Andriolo, A., Da Rocha, J. M., Simoes-Lopes, P. C., Siciliano, S., Pizzorno, J. L., Waite,

J. M., DeMaster, D. P., & VanBlaricom, G. R. (2023). Distribución invernal y abundancia de

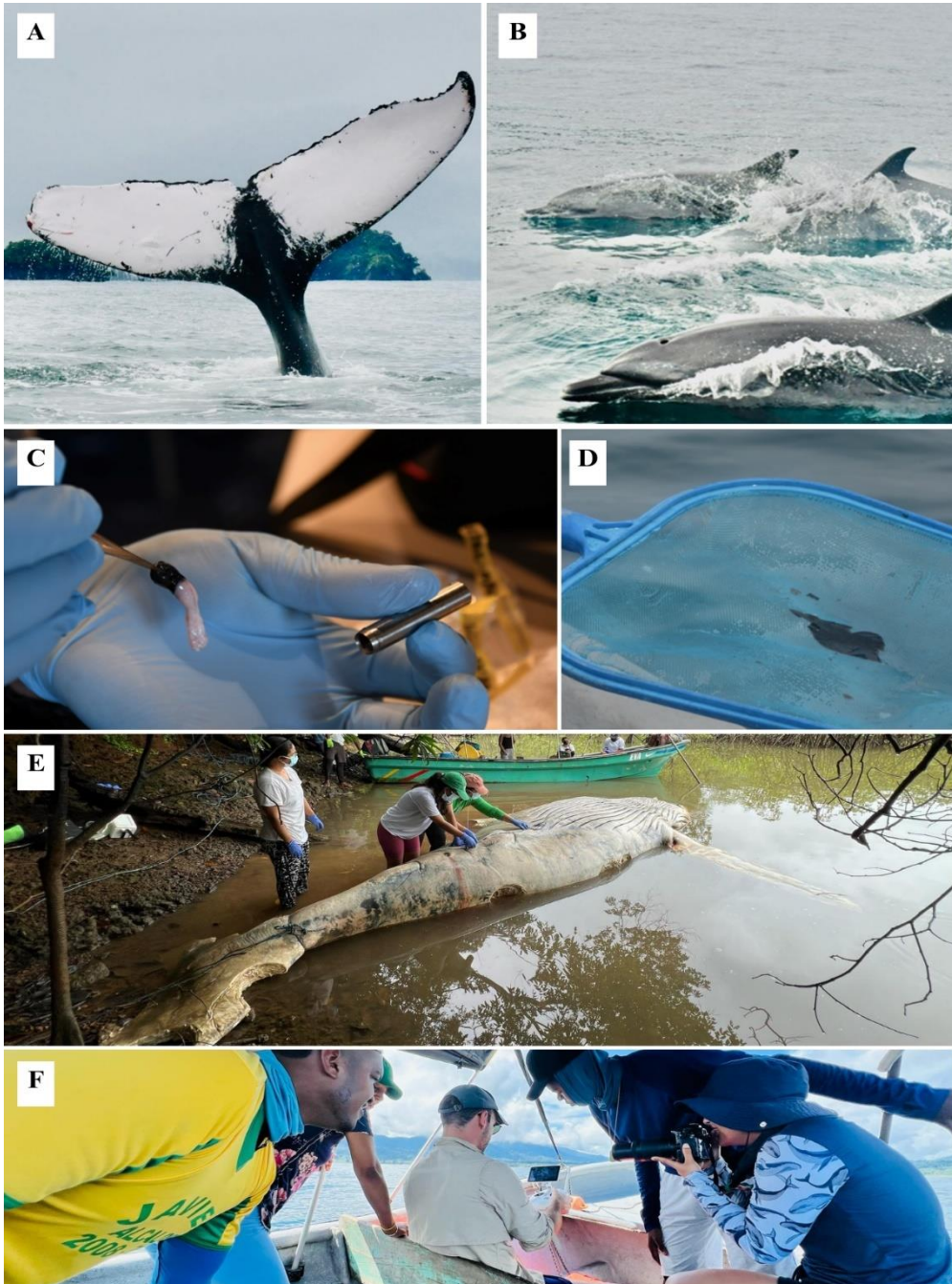
ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) frente al noreste de Brasil. *J. Cetacean Res.*

*Manage.*, 6(1), 101–107. <https://doi.org/10.47536/jcrm.v6i1.796>

## Apéndices

## Apéndice A

Evidencias del trabajo en campo. A. Fotoidentificación de *Megaptera novaeangliae*, la imagen muestra un individuo previamente registrado en la plataforma Happy Whale ([enlace registro](#)). B. Identificación taxonómica de mamíferos marinos, delfines manchados (*Stenella attenuata*) en el Golfo de Tribugá. C. Manipulación de tejido graso de *Megaptera novaeangliae*. D. Recolección de tejido epitelial. E. Atención varamiento ballenato en PNN Utría. F. Registro fotográfico de la toma de datos durante el muestreo.



**Apéndice B**

Participación en actividades de socialización. A. Taller de sensibilización comunitaria. B. Educación ambiental con los niños del corregimiento de Coquí. C. Salida pedagógica para la observación de ballena.

