

INFLUENCIA DE VARIABLES OCEANOGRÁFICAS E INTERACCIONES INTERESPECÍFICAS SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DE CETÁCEOS

Daniela Burbano López

Universidad del Valle, Apartado Aéreo 25360, Cali, Colombia.

correo electrónico: burbano.daniela@correounivalle.edu.co

Programa de Biología – Sede Cali.

Oscar Enrique Murillo García

Universidad del Valle, Apartado Aéreo 25360, Cali, Colombia.

correo electrónico: oscar.murillo@correounivalle.edu.co

Federico Mosquera Guerra

Fundación Omacha, Calle 84 No. 21 – 64, Bogotá D.C., Colombia.

correo electrónico: federico.mosquera Guerra@gmail.com

RESUMEN

La distribución geográfica de los organismos es de gran importancia para el entendimiento de su ecología. Aunque Colombia es un país con una alta diversidad de mamíferos marinos, se requiere información acerca de los factores que afectan sus patrones de distribución. Por lo cual se evaluó la influencia de variables oceanográficas y de interacciones interespecíficas en los patrones de distribución geográfica de cetáceos en el Pacífico Oriental Tropical (POT) colombiano. A partir de registros de presencia, se elaboraron mapas de distribución potencial para seis especies de cetáceos (una de la familia Balaenopteridae y cinco de la familia Delphinidae) empleando el software MaxEnt y se determinó la importancia de algunas variables oceanográficas en la distribución de cada una. Adicionalmente, se evaluaron los patrones de interacción interespecífica de las especies con el índice Valor C (C-Score). Se encontró que la distribución de todas las especies evaluadas está influenciada principalmente por la temperatura superficial. La productividad (clorofila-a) fue la variable más importante para la distribución de los delfines y la batimetría para la ballena jorobada. Las interacciones interespecíficas afectaron la distribución de *D. delphis* y *S. attenuata* que se agruparon más de lo esperado al azar y *G. griseus* se segregó más de lo esperado de *T. truncatus* y *S. coeruleoalba*. Esto sugiere que las interacciones interespecíficas desempeñan un rol importante en la distribución de las especies de cetáceos. Esta investigación aporta información relevante al conocimiento de la ecología de estos cetáceos, y genera insumos para el desarrollo de futuros planes de conservación para estas especies en el POT colombiano.

Palabras clave: batimetría, ensamblaje, surgencia, termoclina.

ABSTRACT

The geographic distribution of organisms is of great importance for understanding their ecology. Although Colombia is a country with a high diversity of marine mammals, information is required about the factors that affect their distribution patterns. Therefore, the influence of oceanographic variables and interspecific interactions in the geographic distribution patterns of cetaceans in the Colombian Eastern Tropical Pacific

(ETP) was evaluated. From presence records, potential distribution maps were made for six species of cetaceans (one from the Balaenopteridae family and five from the Delphinidae family) using the MaxEnt software and the importance of some oceanographic variables in the distribution of each one was determined. Additionally, the interspecific interaction patterns of the species were evaluated with the C-Score Index. It was found that the distribution of all the evaluated species is mainly influenced by the surface temperature. Productivity (chlorophyll-a) was the most important variable for the distribution of dolphins and bathymetry for the humpback whale. Interspecific interactions affected the distribution of *D. delphis* and *S. attenuata* that clustered more than expected at random and *G. griseus* segregated more than expected from *T. truncatus* and *S. coeruleoalba*. This suggests that interspecific interactions play an important role in the distribution of cetacean species. This research provides relevant information to the knowledge of the ecology of these cetaceans and generates inputs for the development of future conservation plans for these species in the Colombian ETP.

Key words: bathymetry, assemblage, upwelling, thermocline.

INTRODUCCIÓN

El entendimiento de la distribución de los organismos, a diferentes escalas, aporta información importante para la comprensión de su ecología y comportamiento; lo cual es útil para fortalecer la base científica de los planes de conservación. Aunque Colombia es un país con una alta diversidad de mamíferos acuáticos, debido a sus características geográficas, (se requiere aumentar el conocimiento con respecto a los patrones de distribución de las especies de este grupo (Trujillo *et al.*, 2013), en particular, hay desconocimiento de los factores que determinan la distribución de cetáceos en el Pacífico Oriental Tropical (POT) colombiano, el cual alberga el 24,2% de los mamíferos acuáticos de todo el mundo y el 76,3% de los de Colombia (29 de las 40 especies de mamíferos acuáticos reportados para Colombia) (Trujillo *et al.*, 2013). La mayoría de los registros de cetáceos en Colombia han sido oportunistas o focalizados a las especies más comunes y carismáticas como la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), el delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*) y el delfín moteado tropical (*Stenella attenuata*); por lo cual se tiene información relativamente completa sobre estas especies (Flórez-González, 1991; Flórez-González *et al.*, 1998; Capella y Flórez-González, 1999; Caballero *et al.*, 2001; Flórez-

González *et al.*, 2007). Por otra parte, también se han realizado esfuerzos por conocer la distribución y abundancia relativa de las especies de cetáceos en Colombia (Herrera, 2009; Trujillo *et al.*, 2013) y la construcción de un plan de acción nacional para la conservación de los mamíferos acuáticos (Trujillo *et al.*, 2014). Los cetáceos se ven afectados de forma directa e indirecta por el cambio climático global y las variaciones extremas de la temperatura del agua, particularmente los que habitan o migran a zonas polares y templadas, lo que disminuye sus rangos de distribución y genera consecuencias desfavorables para su conservación (MacLeod, 2009). Por lo cual, entender los patrones de distribución de los mamíferos marinos es importante para su conservación pues muchas de las especies se encuentran clasificadas a nivel global como Vulnerables, En Peligro o con Datos Deficientes por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2019). Ocho de las 32 especies de cetáceos reportados en Colombia se encuentran clasificados en alguna categoría de riesgo a nivel nacional (tres en riesgo de extinción y cinco en estado vulnerable) (Rodríguez-Maecha *et al.*, 2006; Trujillo *et al.*, 2013); sin embargo, la escasez de información genera desafíos reales para la persistencia de las especies (LeDuc, 2018).

Los mamíferos marinos en su mayoría presentan tamaños considerablemente grandes por lo cual requieren de áreas amplias para suplir sus requerimientos de refugio, alimentación y reproducción. Adicionalmente, los límites geográficos son mucho más difusos en el mar que en el ambiente terrestre, de tal forma que los mamíferos marinos presentan rangos geográficos más extensos que los terrestres (Camus, 2001). Los cetáceos son componentes importantes de los ecosistemas debido a que pueden incidir en diferentes niveles tróficos e influenciar la estructura y función de las comunidades marinas (Herrera, 2009), además exhiben respuestas a cambios en la variabilidad y degradación del medio en que habitan,

por tanto, son indicadores del estado de salud de los ecosistemas acuáticos (Torreblanca Fernández *et al.*, 2018). Diversos factores oceanográficos (como la temperatura, las corrientes marinas y salinidad), además de la disponibilidad de alimento, las irregularidades de la costa y la topografía del fondo marino; junto con rasgos de las historias de vida determinan la distribución geográfica de los cetáceos (Rodríguez-Fonseca, 2001). La ocurrencia y distribución de estos organismos varía ampliamente de manera espacial y temporal en función de la distribución y abundancia de sus presas (Viddi *et al.*, 2010), de variables ambientales y de factores eco geográficos (Griffin *et al.*, 2003; Macleod *et al.*, 2004; Tynan *et al.*, 2005; Arreola, A. A. C. 2011). Por ejemplo, *T. truncatus* presenta una distribución mayormente costera pasando más del 90% del tiempo en profundidades inferiores a 10 m (Crespo *et al.*, 2007), mientras que la distribución de *Delphinus delphis* está asociada directamente con la cantidad de clorofila en el medio; lo que se relaciona con la disponibilidad de alimento (Moura *et al.*, 2012). Por otra parte, se presentan agrupaciones de varias especies de delfines y de aves marinas que se alimentan principalmente del atún de aleta amarilla (*Thunnus albacares*), lo cual se debe a las características oceanográficas del POT colombiano; particularmente una termoclina fuerte y poco profunda está asociada a la presencia superficial del atún (Ballance *et al.*, 2006). Por lo tanto, las relaciones interespecíficas también pueden estar jugando un papel importante en la distribución de las especies de cetáceos, ya sea a través de competencia o de facilitación, debido a la posibilidad de un amplio traslape de nicho entre las especies de cetáceos.

Aunque existe un gran interés en el estudio de los cetáceos a nivel global y se ha avanzado considerablemente en la investigación y conservación de los mamíferos acuáticos, existen zonas geográficas y especies con muy poca información (Trujillo *et al.*, 2013). Por lo tanto,

el propósito de este trabajo fue determinar la influencia que tienen las variables oceanográficas (batimetría, temperatura superficial, clorofila-a y salinidad superficial) y las interacciones interespecíficas sobre la distribución geográfica de especies de cetáceos. Para lo cual se determinó la distribución potencial de seis especies de cetáceos (una perteneciente a la familia Balaenopteridae y cinco de la familia Delphinidae) presentes en el POT colombiano y se evaluaron sus patrones de co-ocurrencia. Se espera que exista una influencia de las variables oceanográficas sobre la distribución de los mamíferos marinos pues estas afectan la productividad primaria e imponen restricciones fisiológicas para los cetáceos y sus presas (do Amaral *et al.*, 2018). Además, se espera que las relaciones interespecíficas afecten la distribución de las especies ya sea a través de competencia o de facilitación.

MÉTODOS

Área de estudio

La cuenca del POT colombiano está influenciada por vientos, determinados por la zona de convergencia intertropical, que forman masas de agua superficiales que a su vez conforman el sistema de corrientes (Ruiz, 2008). Las principales corrientes que afectan la cuenca del POT son: la corriente ecuatorial del norte, que acarrea aguas cálidas de los océanos Pacífico y Atlántico desplazándose hacia el oeste al nivel de los 12°N; la corriente de Humboldt, está originada por aguas profundas (y por ende frías) que fluyen de sur a norte proviniendo de los 40 a 45° de latitud sur; y la contracorriente ecuatorial que fluye de oeste a este y se desplaza entre los 4 y 11°N. Dichas corrientes determinan la temperatura superficial del mar en el POT colombiano (Ruiz, 2008). Por otra parte, la salinidad en la cuenca del POT es notablemente diferente entre aguas costeras (poco salinas) y aguas oceánicas (de gran

salinidad), esto como consecuencia de los afluentes continentales que desembocan en el mar y se entre mezclan reduciendo los niveles de salinidad en las aguas próximas a la costa (Ruiz, 2008). Adicionalmente, se presentan mayores niveles de pluviosidad durante los primeros meses del año (Ruiz, 2008). Las anteriores características ambientales hacen que el POT colombiano presente una gran variación en condiciones oceanográficas con lugares apropiados para la llegada y permanencia de varias especies de cetáceos (Ruiz, 2008).

Recopilación de registros de avistamiento de cetáceos y variables oceanográficas

Con el fin de determinar los patrones de distribución de cetáceos presentes en el POT colombiano, se recopilieron datos de presencia (avistamientos en el área de estudio) de las siguientes especies de cetáceos: delfín nariz de botella (*T. truncatus*), delfín común (*D. delphis*), delfín moteado tropical (*S. attenuata*), delfín listado (*S. coeruleoalba*), delfín de Risso (*G. griseus*) y ballena jorobada (*M. novaeangliae*). Se construyó una base de datos con las coordenadas geográficas de los avistamientos reportados desde 1987 hasta 2016, los cuales fueron compilados por la Fundación Omacha en el programa de Observadores de Fauna Marina y publicados en el portal del Sistema de Información Ambiental Marina (SiAM) en la página web del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR (INVEMAR, 2019). Estos avistamientos fueron registrados de manera oportunista por buques de investigación, de control y vigilancia, plataformas petroleras, embarcaciones pesqueras y de turismo (Fundación Omacha, 2019). Adicionalmente, se utilizaron los promedios anuales de cuatro variables oceanográficas del Pacífico colombiano (temperatura superficial (°C), salinidad superficial (ppm), batimetría (m) y clorofila-a (mg/m^3) obtenidas de los conjuntos de datos Bio-Oracle y MARSPEC disponibles en línea (Tyberghein *et al.*, 2012; Sbrocco y Barber, 2013) con una resolución espacial de 30 arcsec

(equivalente a ~ 1 Km) para la batimetría y de 5 arcmin (equivalente a $\sim 9,2$ Km) para la temperatura superficial, salinidad superficial y clorofila-a. Estas variables se utilizaron para predecir la distribución potencial de las especies de estudio.

Análisis de datos

Con el objetivo de determinar la distribución potencial de cetáceos en el POT colombiano y la influencia de las variables oceanográficas sobre esta, se realizó un modelo logístico de distribución potencial de las especies usando el Software ‘MaxEnt’ (Phillips *et al.*, 2017). El modelo empleado por el Software permite la generación de mapas de distribución basados en la ocurrencia de las especies y su relación con variables ambientales del área de estudio (Phillips *et al.*, 2017). Para la modelación de la distribución de las especies se utilizaron las variables ambientales temperatura, salinidad, clorofila-a y batimetría. Los modelos obtenidos de MaxEnt fueron evaluados por medio del valor del área bajo la curva (AUC, de la relación entre la tasa de falsos positivos en el eje X y la tasa de verdaderos positivos en el eje Y). Para evaluar la importancia de cada variable sobre la distribución de las especies se utilizó el método Jackknife (Huff *et al.*, 2012), evaluando la performance del modelo al excluir una variable a la vez. Al hacerlo, se proporciona información sobre el desempeño de cada variable en el modelo en términos de cuán importante es cada variable para explicar la distribución de cada especie y cuánta información única proporciona (Baldwin, 2009). De esta forma se obtuvo el porcentaje de contribución de cada variable en la distribución de cada especie. Los mapas de probabilidad de presencia de cada especie se transformaron en mapas binarios de presencia/ausencia empleando como criterio el “threshold: Equal training sensitivity and specificity” para cada especie haciendo uso del software ArcGIS 10.3[®], estos fueron concatenados con el Software R (Gotelli *et al.*, 2015)

para obtener un mapa que represente la riqueza de especies. Con el fin de determinar la co-ocurrencia de las especies de cetáceos se calculó el valor ‘C’, C-Score (Stone, y Roberts, 1990), con el paquete ‘EcoSimR’ del Software R con base en los mapas binarios. Para lo anterior, se seleccionaron 100 puntos al azar en el área de estudio y se determinó la presencia/ausencia de cada especie a excepción de *M. novaeangliae*, la cual fue excluida del análisis de co-ocurrencia puesto que es una especie migratoria y no se encuentra en la zona constantemente. Se generaron dos valores ‘C’ para cada par de especies: un valor esperado para una distribución aleatoria de las especies y un valor observado para la distribución de los datos obtenidos. Cuanto mayor sea el valor de ‘C’ observado con respecto al esperado, más agregadas están el par de especies (Gotelli *et al.*, 2015); lo cual indicaría que existe una interacción positiva (facilitación) entre ellas. Por el contrario, si el valor de ‘C’ observado es menor al valor de ‘C’ esperado, el par de especies se segregan; indicando que no comparten demasiados sitios por lo que existen interacciones negativas entre ambas especies (Gotelli *et al.*, 2015). Finalmente, si los valores de ‘C’ observados y esperados son similares, la distribución de estas especies no se ve afectada por su interacción. Adicionalmente, se calcularon los tamaños de los efectos estandarizados (Standardized Effect Sizes) de los valores de ‘C-score’ total para cada par de especies, y se consideró que los valores menores que -2,0 o mayores que 2,0 son estadísticamente diferentes de una distribución aleatoria (Di Cola *et al.*, 2017), indicando menos o más co-ocurrencia de los esperado al azar, respectivamente.

RESULTADOS

Se obtuvieron un total de 1.274 registros de presencia de las seis especies de cetáceos. La ballena jorobada (*M. novaeangliae*) fue la especie con más registros (n=546, 43% de los datos) seguida por el delfín moteado tropical (*S. attenuata*) con 319 registros (25%), el delfín nariz de botella (*T. truncatus*) con 159 registros (12%), el delfín listado (*S. coeruleoalba*) con 131 registros (10%), el delfín común (*D. delphis*) con 73 registros (6%) y por último el delfín de Risso (*G. griseus*) con 46 registros (4%). Los modelos de distribución para las seis especies exhibieron un desempeño sobresaliente pues los valores del área bajo la curva (AUC, de la relación entre la tasa de falsos positivos en el eje X y la tasa de verdaderos positivos en el eje Y) fueron mayores a 0,7: 0,847 para *D. delphis*, 0,768 para *G. griseus*, 0,829 para *M. novaeangliae*, 0,848 para *S. attenuata*, 0,779 para *S. coeruleoalba* y de 0,829 para *T. Truncatus*. La variable que contribuyó en la distribución de todas las especies del ensamblaje fue la temperatura superficial (Tabla 1) con porcentajes de explicación entre 40,0 y 64,6 %. Para la ballena jorobada (*M. novaeangliae*) la batimetría fue la variable de mayor importancia, con 59,1 % de contribución al modelo predictivo de MaxEnt, mientras que la clorofila también afectó la distribución de las especies de delfines (*D. delphis*, *G. griseus*, *T. truncatus*, *S. attenuata* y *S. Coeruleoalba*); Tabla 1). De acuerdo con las predicciones de los modelos, se obtuvo que las seis especies de estudio se encuentran en un rango de temperatura entre los 26,0 y 28,5°C (Fig. 1), con *D. delphis* presentando una mayor probabilidad de presencia en aguas con temperaturas menores que las otras especies de delfines (<27,0°C). También se encontró mayor probabilidad de presencia de las especies de cetáceos en zonas con concentraciones de clorofila-a de 0,20 a 0,30 mg/m³ (Fig. 2). Por otro lado, con base en la curva de respuesta a

la batimetría (Fig. 3), *M. Novaeangliae* presenta mayor probabilidad de presencia en zonas con profundidades menores a los 500 m. La salinidad no contribuyó significativamente a explicar la distribución de todas las especies evaluadas (<10%, Tabla 1).

De acuerdo con los mapas de distribución potencial (Fig. 5), las especies pertenecientes a la familia Delphinidae se encuentran con mayor probabilidad en aguas oceánicas; con *D. delphis*, *S. attenuata* y *T. Truncatus* presentando altas probabilidades (>0,8) de encontrarse en algunas zonas costeras (Fig. 5a, 5c, 5e). Adicionalmente, tres de las especies (*G. griseus*, *S. attenuata* y *S. coeruleoalba*) presentaron altas probabilidades de ocurrencia (>0,9) alrededor del Santuario de Flora y Fauna (SFF) Malpelo (Fig. 5b, 5c, 5d). Por otro lado, la ballena jorobada (*M. novaeangliae*) exhibe una distribución en zonas cercanas a la costa y se encontró una alta probabilidad de ocurrencia cerca al Parque Nacional Natural (PNN) Gorgona (Fig. 5f). Adicionalmente, se sobrelaparon los mapas binarios de las especies (Fig. 6) para obtener un mapa de riqueza de especies en el POT colombiano (Fig. 7). Los puntos de mayor riqueza (cuatro - seis especies) son la parte oceánica en frente del departamento del Valle del Cauca, incluye el SFF Malpelo, y la zona cerca de la costa del Departamento del Chocó por encima de los 5°N (Fig. 7). También se encontró que en zonas oceánicas superiores a los 5°N de latitud se disminuye la riqueza de especies con áreas en las cuales se pueden encontrar no más de dos especies.

A nivel del ensamblaje, la distribución del tamaño del efecto estandarizado de los valores ‘C’ se encontró concentrada por encima de 2.0 (Tabla 2), lo que indica que el valor ‘C’ observado fue mayor al esperado por el azar y sugiere que las especies del ensamble analizadas tienden a co-ocurrir más de lo esperado al azar (Fig. 8). De forma más específica, se encontró que *D. delphis* y *S. attenuata* obtuvieron un valor ‘C’ de 5,85 lo que indica que este par de especies tienden a co-ocurrir más de lo esperado al azar.

Adicionalmente, se encontró que *G. griseus* tiende a segregarse de *T. truncatus* y *S. coeruleoalba* más de lo esperado al azar con valores 'C' de -2,08 y -1,84 respectivamente (Tabla 2).

DISCUSIÓN

De acuerdo con lo esperado, las variables ambientales evaluadas influyeron en la distribución de las especies siendo la temperatura superficial del agua importante para todas las especies. Adicionalmente, la productividad (clorofila-a) fue el segundo factor de importancia para la distribución de los delfines mientras que para la ballena jorobada la variable más influyente fue la profundidad. También se encontró que *D. delphis* y *S. attenuata* se agruparon más de lo esperado al azar y *G. griseus* se segregó más de lo esperado de otras dos especies. Por lo tanto, para algunas especies de cetáceos las interacciones interespecíficas juegan un rol importante en la determinación de su distribución. Los resultados sugieren que un incremento en la temperatura superficial del agua podría cambiar la distribución de las especies de cetáceos marinos, lo cual es importante para los planes de mitigación y adaptación de mamíferos marinos al cambio climático global.

La distribución principalmente costera sobre la plataforma continental de *M. novaeangliae* en la cuenca del pacifico colombiano concuerda con lo reportado por Herrera (2009) y Palacios (2012) debido a los hábitos ecológicos generales de la especie, puesto que esta llega a las costas de Colombia a habitar generalmente aguas neríticas y con pendientes suaves, que utilizan como áreas de crianza (Flórez-González, 1991; Flórez-González *et al.*, 2007; Oviedo y Solis, 2008). De acuerdo con lo obtenido, y reportado en otros estudios (Palacios *et al.*, 2012), *T. truncatus* fue la especie de la familia Delphinidae que mostró una

distribución más extensa. Esta especie se encuentra en aguas costeras y oceánicas, siendo más probable encontrarla cerca a la costa hacia los 6°N, especialmente entre Bahía Solano y Cabo Marzo, y en aguas fuera de la plataforma continental alrededor del SFF Malpelo. Este rango de distribución amplio se debe a la distribución discontinua de las presas que consume (Morteo *et al.*, 2004) y a su capacidad para adaptarse a diferentes condiciones ambientales; lo que ha permitido la formación de ecotipos genética y morfológicamente diferentes como se ha reportado alrededor del mundo (Natoli *et al.*, 2004; Moller *et al.*, 2007; Tezanos-Pinto *et al.*, 2009). *S. attenuata*, por otro lado, presentó una distribución potencial en aguas oceánicas (zonas contiguas al SFF Malpelo) y costeras; con la existencia de una población residente en el PNN Gorgona (Flórez-González y Capella, 2001). Esta distribución oceánico-costera podría deberse a la presencia de al menos dos subespecies de *S. attenuata*: *S. Attenuata graffmani* (subespecie presente en zonas costeras) y *S. attenuata attenuata* (subespecie presente en aguas oceánicas) (Perrin, 1975). La distribución de *D. delphis* estuvo asociada a zonas costeras por encima de los 6°N y zonas oceánicas con profundidades mayores a 500 m. Esto sugiere que, igual a lo reportado en la costa portuguesa (Moura *et al.*, 2012), la profundidad no es la variable más determinante para los patrones de distribución de esta especie, presentando una alta asociación con regiones de alta productividad. *G. griseus* y *S. coeruleoalba* fueron delfines principalmente oceánicos, con altas probabilidades de encuentro al rededor del SFF Malpelo, este comportamiento oceánico también fue reportado por Palacios (2012). *G. griseus* fue la especie con menor número de registros, esto debido a que es una especie que se encuentra en agrupaciones pequeñas, oceánica y con comportamientos poco vistosos (Wade y Gerrodette, 1993). Por otro lado, la única población para *S. coeruleoalba* en el pacífico oriental tropical es

oceánica (Dizon *et al.*, 1994), esto es confirmado por la distribución potencial resultante en este estudio.

Con base en el porcentaje de contribución de las variables ambientales, la temperatura superficial del agua fue una variable oceanográfica determinante para la distribución de todas las especies evaluadas. La respuesta de *M. novaeangliae* a los cambios de temperatura concuerda con lo reportado en la cuenca del POT colombiano (Herrera, 2009) quien encontró que la abundancia de esta especie disminuye a medida que aumenta la temperatura. Adicionalmente, la distribución de esta especie estuvo principalmente influenciada por la profundidad, esto debido a que las hembras con cría prefieren aguas someras y cercanas a la costa para minimizar la amenaza de depredadores y el acoso de los machos en busca de apareamiento (Flórez-González, 1991; Flórez-González *et al.*, 2007). Por otra parte, la variable que más afectó la distribución de las especies pertenecientes a la familia Delphinidae fue la temperatura superficial del agua (TS). Estas especies estuvieron presentes en rangos de temperatura desde 26,0 hasta 28,5°C. Con base en las curvas de respuesta, se encontró que las especies tienen menores probabilidades de encontrarse en temperaturas bajas. Por el contrario, que la probabilidad de presencia de *D. delphis* disminuye drásticamente en temperaturas altas dentro de la zona de estudio. Esto concuerda con lo reportado en la cuenca del pacífico colombiano (Herrera, 2009) donde esta especie se asocia con aguas más frías resultado de las surgencias hacia los extremos Norte y Sur de la cuenca del POT colombiano. La segunda variable más relevante en la determinación de la distribución de los delfines fue la concentración de clorofila-a, esta permite conocer la productividad de los océanos siendo el fitoplancton la base de la red trófica; esto también refleja una alta incidencia de cardúmenes de peces pelágicos (Moura *et al.*, 2012) los cuales son el principal componente de la dieta de estos depredadores tope.

Se encontró que a nivel del ensamblaje las comparaciones de los patrones de co-ocurrencia entre pares de especies indican interacciones de facilitación y competencia entre delfines.

Se cree que especies ecológicamente similares que co-ocurren compiten por recursos a menos que se alimenten de presas diferentes (Bearzi, 2005). Este podría ser el caso de *G. griseus* ya que tiende a segregarse de *T. truncatus* y *S. coeruleoalba*, siendo especies principalmente oceánicas a excepción de *T. truncatus* quien presenta, además, un ecotipo costero. La dieta de *G. griseus* está basada principalmente en cefalópodos y calamares pequeños de aguas poco profundas o semi pelágicas (Öztürk *et al.*, 2007) y forrajean con mayor frecuencia en horas de la noche (Jefferson *et al.*, 1994).

Por otro lado, *S. coeruleoalba* y *T. truncatus* se alimentan de calamares y peces que cazan cerca de la superficie o a mediana profundidad (Kiszka *et al.*, 2007; Boada y Tinoco, 2018). *G. griseus* tiende a segregarse de *S. coeruleoalba* y del ecotipo oceánico de *T. truncatus*; aunque sus tiempos de forrajeo sean diferentes, comparten el mismo nicho ecológico lo cual podría ser uno de los aspectos que expliquen la co-ocurrencia negativa entre estas especies. Sin embargo, harían falta estudios focalizados en la co-ocurrencia de las especies anteriormente mencionadas ya que el número de registros de *G. griseus* es aún muy bajo en comparación con otras especies.

Se ha reportado la formación de agrupaciones multiespecie con propósitos de alimentación (Skov *et al.*, 1995; Arreola, A. A. C., 2011; Bauer *et al.*, 2015), lo cual se interpreta como una interacción que beneficia a una o varias de las partes. Estas asociaciones se han denominado mutualistas o comensalistas dependiendo del efecto que dicha interacción cause sobre las especies (Espinoza-Rodríguez *et al.*, 2015). *D. delphis* y *S. attenuata*, son especies con hábitos ecológicos similares ya que ambas se encuentran en grupos grandes y se alimentan de las mismas presas: peces pequeños como arenques, sardinas, anchoas,

también de algunos cefalópodos que capturan cerca de la superficie (Vallejo *et al.*, 2018).

De acuerdo con lo esperado, estos dos depredadores oportunistas, interactúan en una relación que podría ser de facilitación debido a que las agrupaciones de múltiples especies permiten, en la mayoría de los casos, una mayor accesibilidad y captura de las presas (Espinoza-Rodríguez *et al.*, 2015) permitiendo que una de ellas se atraiga por la actividad de alimentación de la otra, de esta forma se ahorra energía en la búsqueda de puntos de alimentación.

Determinar los patrones de distribución geográfica de las especies es la base principal para la construcción de planes de manejo y conservación. En este estudio se determinó el efecto de variables ambientales y de interacciones interespecíficas sobre la distribución potencial de seis especies de cetáceos. Muchas de las especies de cetáceos se encuentran clasificadas como Vulnerables (VU), En Peligro (EN) o con Datos Deficientes (DD) por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza - UICN (UICN, 2019); a nivel global, la ballena jorobada se encuentra en preocupación menor (LC, por sus siglas en inglés), mientras a nivel nacional, se encuentra en estado Vulnerable (VU) según la resolución 1912 (2017) del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS, 2017). Muchas de las amenazas que encaran los mamíferos marinos están asociadas a actividades antropogénicas como la cacería directa, el enredo incidental en redes de pesca, la colisión con barcos, las infecciones debidas a polución, etc. (Ávila *et al.*, 2018). Adicionalmente, estas especies se ven afectadas por el cambio climático global, ya que este podría tener principalmente efectos sobre la distribución y/o abundancia sus presas (Trujillo *et al.*, 2013), lo que causaría también el desplazamiento de estos. Al igual que, el incremento de la temperatura superficial también podría determinar la movilización de estas especies debido a la importancia sobre su distribución reflejada en este estudio. Cumpliendo con el objetivo de

este estudio, se logró reportar la influencia de algunas variables oceanográficas sobre la distribución de los mamíferos marinos. La temperatura superficial del agua y la concentración de clorofila-a determinaron los patrones de distribución de los delfines en la cuenca del POT colombiano, mientras la variable que más influenció la distribución de la ballena jorobada fue la batimetría. Por último, se identificó la interacción de facilitación entre *D. delphis* y *S. attenuata*, en contraste con la interacción de competencia que se da entre *G. griseus* y *S. coeruleoalba*. Sin embargo, para *G. griseus* el número de registros aun es bajo en comparación a otras, debido a ello se hace necesario más esfuerzos enfocados al entendimiento de su ecología y comportamiento. Gracias a lo anterior, se logró inferir la importancia de las interacciones interespecíficas en los patrones de distribución de los mamíferos marinos en el POT colombiano. A partir de la riqueza obtenida se pudieron distinguir áreas de alta riqueza de cetáceos: el principal y más amplio es en la zona oceánica en frente del departamento del Valle del Cauca incluyendo el SFF Malpelo el cual también fue reportado anteriormente como un área importante para los mamíferos marinos (Herrera, 2009), también cerca a la costa del departamento del Chocó por encima de los 5°N, estos focos de riqueza están representados por las seis especies de cetáceos objeto de la investigación. Lo anterior son dicientes importantes para enfatizar más estudios en pro de la conservación de los mamíferos marinos del POT y más aún, en las áreas identificadas como puntos de alta riqueza de especies.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por su apoyo incondicional, a mi madre Nohra y mi padre Carlos por su amor y por hacer de mi la persona que soy hoy en día. A la Universidad del Valle por tantos años de enseñanzas, a Oscar Murillo y Federico Mosquera-Guerra por su paciencia, asesoría y

acompañamiento durante este proceso, y a todas las personas que de forma directa o indirecta me brindaron apoyo y motivación en todo el desarrollo de este proyecto.

LITERATURA CITADA

Avila, I. C., Correa, L. M., & Van Waerebeek, K. (2017). “Where humpback whales and vessel traffic coincide, a Colombian Pacific case study”, *Boletín Del Museo Nacional de Historia Natural, Chile*, (66), pp. 11–19.

Avila, I. C., Kaschner, K., & Dormann, C. F. (2018). “Current global risks to marine mammals: Taking stock of the threats. *Biological Conservation*”, (221), pp. 44–58.

Baldwin, R. (2009). “Use of Maximum Entropy Modeling in Wildlife Research. *Entropy*”, 11(4), pp. 854–866.

Ballance, L. T., Pitman, R. L., & Fiedler, P. C. (2006) “Oceanographic influences on seabirds and cetaceans of the eastern tropical Pacific: A review”, *Progress in Oceanography*, 69 (2-4), pp. 360-390.

Bauer, R. K., Fromentin, J. M., Demarcq, H., Brisset, B., & Bonhommeau, S. (2015). “Co-occurrence and habitat use of fin whales, striped dolphins and atlantic bluefin tuna in the northwestern mediterranean sea”. *PLoS ONE*, 10(10), pp. 1–21.

Bearzi, M. (2005). “Habitat Partitioning by Three Species of Dolphins in Santa Monica Bay, California. *Bull.Southern California Acad.Sci*”, (104), pp. 113-124.

Boada, C., Tinoco, N. (2018). *Stenella coeruleoalba*. En: Brito, J., Camacho, M. A., Romero, V. Vallejo, A. F. (eds). *Mamíferos del Ecuador. Versión 2018.0*. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
<https://bioweb.bio/faunaweb/mammaliaweb/FichaEspecie/Stenella%20coeruleoalba>, acceso Domingo, 28 de febrero de 2021.

Boada, C., Tinoco, N. (2018). *Tursiops truncatus*. En: Brito, J., Camacho, M. A., Romero, V. Vallejo, A. F. (eds). *Mamíferos del Ecuador. Versión 2018.0*. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
<https://bioweb.bio/faunaweb/mammaliaweb/FichaEspecie/Tursiops%20truncatus>, acceso Domingo, 28 de febrero de 2021.

Caballero, S., H. Hamilton, H. Jaramillo, J. Capella, L. Flórez-González, C. Olavarria, H. C. Rosenbaum, F. Guhl y C. S. Baker. (2001). "Genetic characterization of the Colombian Pacific Coast humpback whale population using RAPD and mitochondrial DNA sequences". *Memoirs of the Queensland Museum*, 47(2), pp. 459-464.

Camus, P. A. (2001) "Biogeografía marina de Chile continental", *Revista chilena de historia natural*, 74(3), pp. 587-617.

Capella, J. y L. Flórez-González. (1999). "Guía para el conocimiento y conservación de la yubarta o ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* (Borowski)". *Convenio Andrés Bello. Serie Ciencia y Tecnología No. (80)*, pp. 51.

Crespo, E. A., Lewis, M. N., & Campagna, C. (2007) "Mamíferos marinos: pinnípedios y cetáceos", *El Mar Argentino y sus recursos pesqueros*, (5), pp. 127-150.

Di Cola, V., Broennimann, O., Petitpierre, B., Breiner, F. T., D'Amen, M., Randin, C., Engler, R., Pottier, J., Pio, D., Dubuis, A., Pellissier, L., Mateo, R. G., Hordijk, W., Salamin, N. and Guisan, A. (2017). "Ecospat: An R package to support spatial analyses and modeling of species niches and distributions". *Ecography*, 40(6), pp. 774–787.

Dizon, A. E., W. F. Perrin y P. A. Akin. (1994). "Stocks of dophinis (*Stenella* spp. And *Delphinus delphis*) in the eastern tropical Pacific: A phylogeographic classification". *NOAA Technical Report NMFS* (119), pp. 1-20.

do Amaral, K. B., Danilewicz, D., Zerbini, A., Di Benedetto, A. P., Andriolo, A., Alvares, D. J. & de Oliveira Santos, M. C. (2018) "Reassessment of the franciscana *Pontoporia blainvillei* (Gervais & d'Orbigny, 1844) distribution and niche characteristics in Brazil". *Journal of experimental marine biology and ecology*, (508), pp. 1-12.

Espinoza-Rodríguez, N., Carrasquero, J., Turris-Morales, K. D., Delgado-Ortega, G., & Barrios-Garrido, H. (2015). "Asociaciones entre aves marinas y *Sotalia guianensis* en el Sur del Golfo de Venezuela: Seabirds and *Sotalia guianensis* associations at the southern Gulf of Venezuela". *Caldasia*, 37(2), pp. 309-318.

Fernández, M. y Oviedo, L. (2009). "Distribution and abundace of *Delphinus delphis* off the Southern Pacific Coast of Costa Rica". *Paper SC/SM3 presented to the IWC 60th Scientific Committee, June, Madeira, Portugal*.

Flórez-González, L. (1991). "Humpback whales *Megaptera novaeangliae* in the Gorgona island, Colombian Pacific breeding waters: Population and pod characteristics". *Memoirs of the Queensland Museum* (30), pp. 291-295.

Flórez-González, L. and Capella, J.C. (2001). "Mamíferos marinos locales y regionales". pp. 133–40. En: Barrios, L. and López-Victoria, M. (eds). *Gorgona Marina: Contribución al Conocimiento de una Isla Única*. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales No. 7, Santa Marta, Colombia.

Flórez-González, L., I. C. Ávila, J. Capella, P. Falk, F. Félix, J. Gibbons, H. Guzmán, B. Haase, J. Herrera, V. Peña, L. Santillán, I. C. Tobón y K. Van Warebeek. (2007). "Estrategia para la conservación de la ballena jorobada del Pacífico Sudeste. Lineamientos de un plan de acción regional e iniciativas nacionales". Fundación Yubarta. Cali, Colombia. pp. 106.

Flórez-González, L., J. Capella, B. Haase, G. Bravo, F. Félix y T. Gerrodette. (1998). "Changes in winter destinations and northernmost record of Southeastern Pacific humpback whales". *Marine Mammal Science* 14(1), pp. 189-196

Fundación Omacha. (2019). Fundación Omacha. Disponible en: <https://omacha.org> (Accedido: 3 septiembre 2019)

Griffin, R. B. & Griffin, N. J. (2003). "Distribution, Habitat Partitioning, and Abundance of Atlantic Spotted Dolphins, Bottlenose Dolphins, and Loggerhead Sea Turtles on the Eastern Gulf of Mexico Continental Shelf". *Gulf of Mexico Science*, (1), pp. 23-34.

Herrera J.C., I.C. Ávila, P. Falk, G. Soler, C. García, I.C. Tobón y J. Capella. (2007). "Mamíferos Marinos en el SFF Malpelo y aguas hacia el continente". En: Dimar-CCCP y UAESPNN-DTSO. Santuario de Fauna y Flora Malpelo: descubrimiento en Marcha. Dimar (Ed.). Bogotá, D.C., Colombia.

Herrera, J. C. (2009). *Distribución y abundancia relativa de cetáceos en el pacífico colombiano y su relación con las condiciones oceanográficas*. Tesis de maestría. Universidad del Valle.

Herrera, J.C., J. Capella, G. Soler, S. Bessudo, C. García y L. Flórez-González. (2011). "Ocurrencia y tasas de encuentro de mamíferos marinos en las aguas de la isla Malpelo y hacia el continente". *Bol. Invest. Mar. Cost.* (40), pp. 57-78.

Huff, D. D., Lindley, S. T., Wells, B. K., & Chai, F. (2012). “Green sturgeon distribution in the Pacific Ocean estimated from modeled oceanographic features and migration behavior”, PloS one, 7(9), e45852.

INVEMAR (2019) página web del INVEMAR: Instituto de Investigaciones marinas y costeras, visto en <http://www.invemar.org.co/web/guest/publicaciones> (Accedido: 02/09/2019).

Jefferson, T., Newcomer, M., Leatherwood, S. y Van Waerebeek, K. (1994). “Right Whale Dolphins”. pp. 335-357. En: Ridgway, S. y R. Harrison (Eds.). Handbook of Marine Mammals. London, UK.

Kiszka, J., Macleod, K., Van Canneyt, O., Walker, D. and Ridoux, V. (2007). “Distribution, encounter rates, and habitat characteristics of toothed cetaceans in the Bay of Biscay and adjacent waters from platform-of-opportunity data”, ICES Journal of Marine Science, (64), pp. 1033–1043.

LeDuc, R. (2018) “Biogeography” Encyclopedia of Marine Mammals. 3 ed. Academic Press, pp. 99–103.

MADS. (2017). Resolución 1912 de 2017. Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible, pp. 1–38. Retrieved from [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/75-res 1912 de 2017.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/75-res%201912%20de%202017.pdf)

MacLeod, C. D. (2009) “Global climate change, range changes and potential implications for the conservation of marine cetaceans: a review and synthesis”, Endangered Species Research, 7(2), pp. 125-136.

MacLeod, C., Hauser, N., & Peckham, H. (2004) “Diversity, relative density and structure of the cetacean community in summer months east of Great Abaco, Bahamas”, Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 84 (2), pp. 469-474.

Moller, L. M., Wisziewski, J., Allen, S. J., & Beheregaray, L. B. (2007). “Habitat type promotes rapid and extremely localised genetic differentiation in dolphins”. Marine and freshwater research, (58), pp. 640-648.

Morteo, E., Heckel, Defren, R. H., & Schramm, Y. (2004). “Distribución, movimientos y tamaño de grupo del tursi3n (*Tursiops truncatus*) al sur de Bahía San Quintín, Baja California, México”. Ciencias Marinas, (30), pp. 35-46.

- Moura, A. E., Sillero, N., & Rodrigues, A. (2012) “Common dolphin (*Delphinus delphis*) habitat preferences using data from two platforms of opportunity”. *Acta oecologica*, (38), pp. 24-32.
- Natoli, A., Peddemors, V.M. and Hoelzel, A.R. (2004). “Population structure and speciation in the genus *Tursiops* based on microsatellite and mitochondrial DNA analyses”. *J. Evol. Biol.* (17), pp. 363–75.
- Gotelli, N. J, Hart, E., y Ellison, A. M. (2015) *EcoSimR: Null model analysis for ecological data*. R package version 0.1.0.
- Oviedo, L. y Solis, M. (2008). “Underwater topography determines critical breeding habitat for humpback whales near Osa Peninsula, Costa Rica: implications for Marine Protected Areas”. *Rev.Biol.Trop.*, (56), pp. 591-602.
- Öztürk, B., Salman, A., Öztürk, A. A., Tonay, A. (2007). “Cephalopod remains in the diet of striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*) and Risso’s dolphins (*Grampus griseus*) in the Eastern Mediterranean Sea”. *Vue et Nukuey – Life and Environment* 57(1/2), pp. 53-59
- Palacios, D. M., Herrera, J. C., Gerrodette, T., García, C., Soler, G. A., Avila, I. C., Kerr, I. (2012). “Cetacean distribution and relative abundance in Colombia’s Pacific EEZ from survey cruises and platforms of opportunity”. *Journal of Cetacean Research and Management*, 12(2), pp. 45–60.
- Perrin, W. F. (1975). “Distribution and differentiation of populations of dolphins of the genus *Stenella* in the eastern tropical Pacific”. *J. Fish. Res. Board Can.* (32), pp. 1059-1067. Pontificia Universidad Católica de Chile. 1999. Departamento de Oceanografía.
- Rodríguez-Fonseca, J. (2001) “Diversidad y distribución de los cetáceos de Costa Rica (Cetacea: Delphinidae, Physeteridae, Ziphiidae y Balaenopteridae)”, *Revista de Biología Tropical*, pp. 135-143.
- Rodríguez-Mahecha, J.V., Alberico, M., Trujillo, F. y J. Jorgenson. (2006). “Libro Rojo de los mamíferos de Colombia. Serie de Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia”. Conservación Internacional Colombia y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Bogotá, D.C., Colombia. pp. 433.
- Ruiz, J. F. (2008) “Implementación del Modelo WRF en el IDEAM. Nota Técnica IDEAM–METEO/005-2008”. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Bogotá. DC, Colombia.

Sbrocco, E. J., & Barber, P. H. (2013). "MARSPEC: ocean climate layers for marine spatial ecology: Ecological Archives E094-086". *Ecology*, 94(4), pp. 979-979.

Skov, H., Durinck, J., Danielsen, F., & Bloch, D. (1995). "Co-Occurrence of Cetaceans and Seabirds in the Northeast Atlantic". *Journal of Biogeography*, 22(1), pp. 71.

Phillips, S. J, Dudík, M., Schapire, R. E (2017). *Software Maxent para modelar nichos y distribuciones de especies (Versión 3.4.1)*. Disponible en: http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/ (Accedido: 4 septiembre 2019).

Stone, L., & Roberts, A. (1990) "The checkerboard score and species distributions", *Oecologia*, 85(1), pp. 74-79.

Tezanos-Pinto, G., Scott, B., Russell, K., Martien, K., Baird, R. W., Hutt, A., Stone G., Mignucci-Giannoni A., Caballero S., Endo T., Lavery S., Oremus M., Olavarria C., Garrigue C. (2009). "A Worldwide Perspective on the Population Structure and Genetic Diversity of Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) in New Zealand". *Journal of Heredity*, (100), pp. 11-24.

Torreblanca Fernández, E., Carlos Báez Barrionuevo, J., Antonio Camiñas Hernández, J., Real Gimenez, R., Macías López, D., & García Barcelona, S. (2018) "Distribución diferencial de grandes cetáceos: Rorcual y Cachalote como caso de estudio", *Bosque mediterráneo y humedales: paisaje, evolución y conservación: aportaciones desde la biogeografía*.

Trujillo, F., A. Gärtner, D. Caicedo y M. C. Diazgranados. (2013). "Diagnóstico del estado de conocimiento y conservación de los mamíferos acuáticos en Colombia". Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Fundación Omacha, Conservación Internacional y WWF. Bogotá, 312 p.

Trujillo, F., D. Caicedo y M. C. Diazgranados (Eds.). (2014). "Plan de acción nacional para la conservación de los mamíferos acuáticos de Colombia (PAN mamíferos Colombia)". Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Fundación Omacha, Conservación Internacional y WWF. Bogotá, 54 p.

Tyberghein, L., Verbruggen, H., Pauly, K., Troupin, C., Mineur, F., & De Clerck, O. (2012) "Bio-ORACLE: a global environmental dataset for marine species distribution modelling", *Global ecology and biogeography*, 21(2), pp. 272-281.

Tynan, C. T., Ainley, D. G., Barth, J. A., Cowles, T. J., Pierce, S. D., & Spear, L. B. (2005). "Cetacean distributions relative to ocean processes in the northern California Current System". *Deep-Sea Research II*, (52), pp. 145-167.

UICN 2019. The IUCN Red List of Threatened Species. (Versión 2019-2). Disponible en <https://www.iucnredlist.org> (Accedido: 4 septiembre 2019).

Vallejo, A. F. Boada, C., Chávez, D., y Tinoco, N. (2018). "*Delphinus delphis*". En: Brito, J., Camacho, M. A., Romero, V. Vallejo, A. F. (eds). *Mamíferos del Ecuador*. Version 2018.0. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://bioweb.bio/faunaweb/mammaliaweb/FichaEspecie/Delphinus%20delphis>, acceso lunes, 1 de marzo de 2021.

Viddi, F. A., Hucke-Gaete, R., Torres-Florez, J. P., & Ribeiro, S. (2010). "Spatial and seasonal variability in cetacean distribution in the fjords of northern Patagonia, Chile", *ICES Journal of Marine Science*, 67(5), pp. 959-970.

Wade, P. & Gerrodette, T. (1993). "Estimates of Cetacean Abundance and Distribution in the Eastern Tropical Pacific". *Rep.Int.Whal.Commn*, (43), pp. 477-494.

Tabla 1. Contribución de variables oceanográficas en la distribución potencial de las especies de cetáceos en estudio; coeficiente de las variables oceanográficas empleadas; coeficiente cuadrático. SS (salinidad superficial, ppm), TS (temperatura superficial, °C), Clo (clorofila-a, mg/m³) y Bati (Batimetría, m).

Especie	Variable	% de contribución	Coeficiente	Coeficiente cuadrático (^2)
<i>D. delphis</i>	Bati	13,3	0,00	-
	Clo	36,9*	-5,628	-12,882
	TS	40,0*	0,00	-7,830
	SS	9,80	-2,150	-9,357
<i>G. griseus</i>	Bati	12,3	0,375	-
	Clo	21,2	0,00	-1,044
	TS	64,6*	0,00	-
	SS	1,9	1,495	-
<i>S. attenuata</i>	Bati	11,6	-0,204	0,178
	Clo	33,7	0,126	-
	TS	51,5*	0,00	-
	SS	3,7	-0,181	-0,327
<i>S. coeruleoalba</i>	Bati	13	0,00	-
	Clo	24,7	-0,142	-
	TS	61,7*	-0,095	-0,987
	SS	0,7	0,045	0,062
<i>T. truncatus</i>	Bati	11,9	0,00	0,606
	Clo	39,9*	-0,820	-
	TS	41,1*	0,00	-
	SS	7,2	-3,624	-0,529
<i>M. novaeangliae</i>	Bati	59,1*	0,00	2,01
	Clo	7,9	0,740	0,44
	TS	30,7*	0,00	-
	SS	2,3	-0,419	-0,34

Tabla 2. C-score total, valores de C-Score observados y esperados para la co-ocurrencia de las especies en estudio; valores de *P* mínimo y máximo para el índice C-Score por pares de especies en estudio en el pacífico colombiano.

Especie 1	Especie 2	C-Score observado	C-Score esperado	C-score total	Valor <i>p</i> mínimo	Valor <i>p</i> máximo
<i>D. delphis</i>	<i>G. griseus</i>	120	224	-1,0143	0,2297	0,9190
<i>D. delphis</i>	<i>S. attenuata</i>	420	90	5,8508	1	0,0009
<i>D. delphis</i>	<i>S. coeruleoalba</i>	234	234	1,4225	0,9530	0,1248
<i>D. delphis</i>	<i>T. truncatus</i>	160	112	-0,1552	0,5694	0,6293
<i>G. griseus</i>	<i>S. attenuata</i>	208	154	0,9820	0,8981	0,2407
<i>G. griseus</i>	<i>S. coeruleoalba</i>	88	180	-1,8454	0,0379	0,9910
<i>G. griseus</i>	<i>T. truncatus</i>	77	252	-2,0885	0,0159	0,9980
<i>S. attenuata</i>	<i>S. coeruleoalba</i>	112	135	-1,1550	0,1738	0,9340
<i>S. attenuata</i>	<i>T. truncatus</i>	170	144	0,1073	0,6803	0,5394
<i>S. coeruleoalba</i>	<i>T. truncatus</i>	156	156	-0,3487	0,4895	0,7152

Figura 1. Relación entre la temperatura superficial del agua (°C) y la probabilidad de presencia de especies de cetáceos en el pacífico colombiano: a) *D. delphis*, b) *G. griseus*, c) *S. attenuata*, d) *S. coeruleoalba*, e) *T. truncatus*, f) *M. novaeangliae*. Eje “X” cambio de la SST, eje “Y” probabilidad de encontrar la especie en la zona.

Figura 2. Relación entre la concentración de clorofila (mg/m³) y la probabilidad de presencia de especies de cetáceos en el pacífico colombiano; a) *D. delphis*, b) *G. griseus*, c) *S. attenuata*, d) *S. coeruleoalba*, e) *T. truncatus*, f) *M. novaeangliae*. Eje “X” cambio de Clo, eje “Y” probabilidad de encontrar la especie en la zona.

Figura 3. Relación entre la batimetría (m) y la probabilidad de presencia de especies de cetáceos en el pacífico colombiano; a) *D. delphis*, b) *G. griseus*, c) *S. attenuata*, d) *S. coeruleoalba*, e) *T. truncatus*, f) *M. novaeangliae*. Eje “X” cambio de Baty, eje “Y” probabilidad de encontrar la especie en la zona.

Figura 4. Relación entre la salinidad (ppm) y la probabilidad de presencia de especies de cetáceos en el pacífico colombiano; a) *D. delphis*, b) *G. griseus*, c) *S. attenuata*, d) *S. coeruleoalba*, e) *T. truncatus*, f) *M. novaeangliae*. Eje “X” cambio de SSS, eje “Y” probabilidad de encontrar la especie en la zona.

Figura 5. Distribución potencial de cetáceos en el pacífico colombiano; a) *D. delphis*, b) *G. griseus*, c) *S. attenuata*, d) *S. coeruleoalba*, e) *T. truncatus*, f) *M. novaeangliae*. En color rojo donde es probable encontrar la especie.

Figura 6. Probabilidad de presencia de seis especies de cetáceos en el pacífico colombiano; a) *D. delphis*, b) *G. griseus*, c) *S. attenuata*, d) *S. coeruleoalba*, e) *T. truncatus*, f) *M. novaeangliae*.

Figura 7. Mapa de riqueza de especies de cetáceos en estudio (*D. delphis*, *G. griseus*, *S. attenuata*, *S. coeruleoalba*, *T. truncatus*, *M. novaeangliae*) en el pacífico colombiano.

Figura 8. Distribución de los efectos estandarizados de los valores de C (C-Score) total para la co-ocurrencia de cada par de especies en estudio. Eje “X” valor C (C-score), eje “Y” frecuencia. Las marcas en rojo representan los valores de -2,0 y 2,0 respectivamente.















