

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Colegio de Posgrados**

**“Distribution and habitat use of the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) in the continental coast of Ecuador and effects of sea surface temperature (SST)”**

**“Distribución y uso de hábitat de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en la costa continental del Ecuador y efectos de la temperatura superficial del mar (SST)”**

**Francisco Rubianes Landázuri**

**Judith Denkinger, PhD., Directora de Tesis**

Tesis de grado presentada como requisito  
para la obtención del título de Máster en Ecología Tropical

Quito, diciembre 2015

**Universidad San Francisco de Quito**  
**Colegio de Posgrados**

**HOJA DE APROBACION DE TESIS**

**Distribución y uso de hábitat de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en la costa continental del Ecuador y efectos de la temperatura superficial del mar (SST)**

**Francisco Rubianes Landázuri**

Judith Denkinger, PhD. ....  
**Directora de Tesis**

Carlos Mena, PhD. ....  
**Miembro del Comité de Tesis**

Carlos Valle, PhD .....  
**Miembro del Comité de Tesis**

Margarita Brandt, PhD. ....  
**Directora de la Maestría en Ecología**

Stella de la Torre, PhD. ....  
**Decana del Colegio de Ciencias  
Biológicas y Ambientales**

Víctor Viteri Breedy, PhD. ....  
**Decano del Colegio de Posgrados**

Quito, diciembre 2015

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

-----

Nombre: Francisco Rubianes Landázuri

C. I.: 1715370290

Fecha: Quito, diciembre de 2015

## Resumen

Las ballenas jorobadas han sido ampliamente estudiadas en varias zonas reproductivas, pero en el Pacífico Sudoriental su abundancia y patrones de distribución aún no están claros. En este trabajo se estudió la abundancia, distribución y comportamiento de las ballenas jorobadas durante sus estaciones reproductivas de 2013 y 2014 y se buscó identificar el efecto de la temperatura superficial del mar (SST) y la profundidad sobre estos aspectos. Se realizaron cruceros de avistamiento en un velero en ambas temporadas con un esfuerzo de observación similar, midiendo además la SST y profundidad de cada avistamiento. Se identificaron los comportamientos, *cues* o señales de comportamiento y estructura grupal. Las SST y las abundancias de ballenas fueron significativamente diferentes entre las dos temporadas (24.72° C y 26.39°C, 401 y 257 individuos para 2013 y 2014 respectivamente). De igual manera, las abundancias relativas fueron diferentes: 3,84 y 2,45. Mediante *Kernel Density Analysis* se detectó que aparte de las áreas de apareamiento ya descritas, existen tres más potencialmente importantes: Cojimíes, Pedernales y Canoa. Se pudo detectar un efecto significativo de la SST sobre la abundancia, distribución y comportamiento. La profundidad pareció no tener mucho efecto sobre la distribución ni los comportamientos, sin embargo se encontraron crías en áreas con profundidades mayores al rango de 20-50 m sugerido por la literatura. Se sugiere que esto puede deberse a la presión que reciben las ballenas por parte del turismo de avistamiento y de las pesquerías locales.

Palabras clave: Ballena jorobada, *Megaptera novaeangliae*, SST, temperatura, distribución, profundidad, comportamiento.

## **Abstract**

Humpback whales have been largely studied in several breeding areas, but in the Southeastern Pacific, their abundances and distribution patterns are still unclear.

The abundance, distribution and behavior of humpback whales were studied during their breeding seasons of 2013 and 2014 and with the aim to identify the effect of sea surface temperature (SST) and depth on these issues. Survey cruises on board a sailboat were conducted in both seasons with similar observation effort and recording also the SST and depth of each sighting. Behavior, behavioural cues and group structure were identified. SST and whale abundances were significantly different between the two seasons (24.72° C and 26.39°C, 401 and 257 individuals for 2013 and 2014 respectively). Similarly, relative abundances was different: 3.84 and 2.45. Kernel Density Analysis allowed us to identify new, yet undocumented mating areas: Cojimíes, Pedernales and Canoa. It was possible to detect a significant effect of SST on the abundance, distribution and behavior. The depth appeared to have little effect on the distribution and behaviour, however calves were found in areas with depths higher than the 20-50 m range suggested by the literature. It is suggested that this could be a consequence of the stress caused by the numerous vessels fishing or performing whale watching trips.

Key words: Humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, SST, temperature, distribution, depth, behaviour.

## Tabla de contenidos

1. Introducción	5
2. Objetivos	10
3. Área de estudio	10
4. Metodología	11
4.1. Observaciones en el campo	11
4.2. Análisis de datos	13
4.2.1. Abundancia relativa	13
4.2.2. Distribución	13
4.2.3. Influencia de la temperatura y batimetría sobre la abundancia, distribución y comportamiento de ballenas.	14
5. Resultados	14
5.1. Abundancia relativa	14
5.2. Distribución	15
5.2.1. SST y Abundancia	16
5.3. SST y Comportamiento	17
5.4. SST y estructura de grupos	17
5.5. Profundidad y comportamiento	18
5.6. Profundidad y estructura de grupos	18
6. Discusión:	19
7. Referencias	26
8. Apéndices	30

## Apéndices

### Tablas: Apéndice 1

*Tabla 1:* Características Geográficas del Área de Estudio.

*Tabla 2:* Resumen de información sobre esfuerzos realizados, avistamientos, individuos encontrados durante las dos temporadas.

*Tabla 3:* Resultados de pruebas  $\chi^2$  de Pearson entre los rangos de profundidad y el comportamiento de actividad superficial (*sa*) y viaje (*tr*).

*Tabla 4:* Frecuencias de ocurrencia de *cues* de comportamiento en los diferentes rangos de profundidad.

*Tabla 5:* Resultados de pruebas  $\chi^2$  de Pearson entre los rangos de profundidad y la composición de grupos.

*Tabla 6:* Registro de las estructuras grupales avistadas y su frecuencia.

### Mapas: Apéndice 2

*Mapa 1* Área de Estudio.

*Mapa 2:* *Kernel density Analysis* para las ballenas de ambas temporadas.

*Mapa 3:* *Kernel density Analysis* para las ballenas de la temporada de 2013

*Mapa 4:* *Kernel density Analysis* para las ballenas de la temporada de 2014

*Mapa 5:* *Kernel density Analysis* para comportamiento de *surface activity* en cada temporada.

*Mapa 6:* SST y avistamientos de ballenas registrados en 2013

*Mapa 7:* SST y avistamientos de ballenas registrados en 2014

*Mapa 8:* Distribución de los grupos de ballenas avistados en 2013

*Mapa 9:* Distribución de los grupos de ballenas avistados en 2014

### **Gráficos: Apéndice 3**

*Gráfico 1:* Frecuencias de SST para cada rango de profundidad en cada año.

*Gráfico 2:* Efecto de la SST sobre la abundancia de ballenas.

*Gráfico 3:* Frecuencias de avistamiento de comportamientos de actividad superficial (*sa*) y viaje (*tr*) por cada nivel de SST de 2013 y 2014.

*Gráfico 4:* Frecuencias de avistamientos de *cues* de comportamiento dentro de cada nivel de SST.

*Gráfico 5:* Frecuencias de avistamientos de las diferentes estructuras de grupo dentro de cada nivel de SST.

## 1. Introducción

La distribución y abundancia de cetáceos está regida por diversos componentes oceanográficos (e.g. corrientes, afloramientos, salinidad, etc.). El calentamiento de los océanos ocurrido en los últimos años ha potenciado el efecto de los factores mencionados, influyendo aún más en la distribución natural de las especies marinas. (Whitehead et al. 2008; MacLeod 2009). Rasmussen et al. (2007) reportan que las áreas reproductivas de ballenas jorobadas en todo el mundo se encuentran en aguas cálidas (21.1–28.3°C) independientemente de la latitud. De igual manera afirman que si bien la disponibilidad de un hábitat reproductivo en estas áreas es importante a pequeña escala, la temperatura del agua influencia su distribución en una escala mayor.

Debido a las presiones por contaminación, caza y pesca incidental, muchas especies de cetáceos han sufrido una considerable reducción en sus tamaños poblacionales. Según la Comisión Ballenera Internacional hasta 1986, año en que se declaró la moratoria de su caza, algunas de las poblaciones de ballenas habrían sido mermadas a un 5% - 20% de sus poblaciones naturales originales y hasta el día de hoy no han podido recuperar esos números, correspondientes a antes del inicio de la caza (IWC 2011). A pesar de la moratoria, tres países continúan cazando ballenas comercialmente: Islandia, Noruega y Japón, este último alegando propósitos científicos.

Las ballenas jorobadas del hemisferio sur fueron fuertemente explotadas por balleneros comerciales, principalmente entre 1920 y 1950, tanto en sus zonas de

alimentación antárticas como en las zonas reproductivas tropicales. Actualmente se sabe que, en la mayoría de áreas de donde se tienen datos confiables, las ballenas jorobadas han mostrado una fuerte recuperación de sus poblaciones hacia sus números iniciales (75000-100000 aproximadamente), con tasas de crecimiento anuales de alrededor de 10% registradas en áreas como Australia, Sudáfrica y Sudamérica. (Best 1993; International Whaling Commission, 2015)

Aunque la conservación y estudio de diferentes especies de cetáceos, prominentemente la ballena jorobada, ha recibido gran atención en las últimas décadas, existen muy pocos monitoreos fuera de EEUU y el estatus de la mayoría de las poblaciones se desconoce (Reynolds et al. 2009). Se ha estudiado a la ballena jorobada de manera extensiva en varias zonas reproductivas, como Hawai'i (e.g. Herman y Antinoya 1977), pero pocos estudios se han llevado a cabo en el Pacífico sudamericano y se conoce muy poco sobre el comportamiento, uso de hábitat, estructura y tamaño poblacional del DPS del Pacífico sudoriental (Scheidat 2001). Más allá, en el Ecuador se ha llevado a cabo importantes esfuerzos de manejo y conservación de cetáceos: en 1990 el gobierno ecuatoriano declaró las 200 mN de mar territorial del continente y de las Galápagos como Refugio y Santuario de Ballenas respectivamente (Merlen, 1992; Hoyt, 2005), además de prohibir toda actividad de cacería de ballenas en el país, orden publicada en el Registro Oficial No.5 del 28 de enero de 2000. Estas políticas convierten en una prioridad el desarrollo de estudios sobre abundancia y distribución en la zona.

La ballena jorobada es una especie cosmopolita en todas las mayores cuencas oceánicas (Clapham & Mead 1999), Tiene una distribución circumpolar desde el

límite del hielo Antártico hasta aproximadamente el paralelo 80° Norte (NMFS, 2015) y se dividen en varias poblaciones globales. Recientemente, en abril de 2015, el National Marine Fisheries Service de Estados Unidos propuso la división de estas poblaciones en 14 segmentos poblacionales distintos (DPS), considerando la discontinuidad (i.e. aislamiento) entre segmentos y la importancia de cada segmento en relación a toda la población mundial. Dentro de esta clasificación se considera el DPS del Pacífico Sudoriental, que corresponde al stock reproductor G definido por la Comisión Ballenera Internacional (1998), y al que pertenecen las ballenas objeto del presente estudio.

Las ballenas jorobadas realizan las más largas migraciones de todos los mamíferos, entre sus áreas de alimentación estivales más productivas en aguas frías de latitudes elevadas y zonas reproductivas invernales tropicales en zonas costeras o grupos de islas (Stone et al. 1990; Reilly et al. 2008) con la migración más larga en la población del PTE que abarca aproximadamente 8300 km entre Costa Rica y la Antártica (Rasmussen et al. 2007).

Durante el invierno austral, entre julio y septiembre, época en la cual aprovechan las cálidas aguas ecuatoriales para aparearse y alumbrar a sus crías, la observación de ballenas es un evento popular en el Ecuador, y en los últimos años esta actividad se ha desarrollado considerablemente (Scheidat et al. 2004). Esto también ha motivado que su presencia y actividad reproductiva sea registrada en numerosos estudios en la costa del Ecuador, donde se han descrito tres áreas principales de reproducción: En Santa Elena, en Salinas-La Libertad; en Manabí en Puerto López, Puerto Cayo y la Isla de la Plata (Félix y Haase 1997; Félix y Haase

1998; Félix y Haase 2001; Scheidat et al. 2000; Scheidat et al. 2004) y en la provincia de Esmeraldas, en varias zonas de estudio. (Denkinger et al. 2006).

Durante los periodos reproductivos en latitudes bajas, el comportamiento de las ballenas se caracteriza por la formación de pequeños grupos y asociaciones temporales cortas (Mattila et al. 1994), por interacciones agresivas entre los machos y por otras conductas no comunes en la zonas de alimentación (Clapham, 1992). De igual manera se observa que la mayoría de los individuos que se encuentran solitarios en bajas latitudes son machos, mismos que presentan comportamiento de canto (Clapham, 1999), considerado un reclamo de tipo reproductivo y muy representativo de esta especie. La clásica asociación en épocas reproductivas es el “grupo competitivo”, fácilmente reconocible por abundante actividad superficial y elevada agresividad entre sus miembros. Estas agrupaciones temporales consisten de una hembra receptiva solitaria y algunos machos que presentan comportamientos competitivos entre ellos con el fin de acercarse a ella (Clapham 1992). Entre los principales despliegues que se pueden observar en estos grupos son aletazos (golpes contra el agua con las aletas pectorales) por parte de la hembra; saltos, cabezazos y coletazos (golpes contra el agua con la cabeza y cola respectivamente) por parte de los machos. Otra asociación reconocible es el grupo madre- cría con escolta. En este caso se observa un macho acompañando a una hembra lactante con quien tiene la posibilidad de aparearse, en el caso de que la hembra entre en un nuevo periodo de celo (Clapham 1999). Es importante notar que muchos de los comportamientos observados en los grupos reproductivos, también se han detectado en individuos solos o en grupos no

reproductivos, por lo que se presume que son utilizados como una forma de comunicación.

La población de ballenas jorobadas del Pacífico Tropical Este se encuentra bajo la influencia del sistema de afloramientos de Humboldt y sujeto a altas variaciones ambientales causadas por el ENSO (El Niño Southern Oscillation) y LNSO (La Niña Southern Oscillation) (Miloslavich et al. 2011). Se estima que fenómenos como el ENSO tenderían a ocurrir con mayor frecuencia e intensidad debido al cambio climático. (Trenberth y Hoar 1997). En especies que se caracterizan por ser migratorias, el calentamiento de los océanos puede tener efectos importantes en su área de distribución y patrones de migración. Whitehead et al. (2008) sugieren que la diversidad de especies aguas tropicales disminuirá en el futuro, debido a la elevación de la temperatura del agua. Más allá, el cambio climático podría reorganizar rápidamente la biodiversidad marina a lo largo de extensas regiones oceánicas dependiendo de la magnitud del calentamiento de las aguas (Beaugrand et al. 2015). El mismo estudio sugiere que para el final del siglo, las regiones polares poseerán una de las mayores biodiversidades marinas del mundo a costa de la pérdida de diversidad en regiones tropicales.

Es posible que no solo la abundancia se vea afectada por cambios en la temperatura, sino también el uso de hábitats y despliegue de comportamientos. Según Evans y Hammond (2004) es imprescindible mantener monitoreos sistematizados y a largo plazo para conocer tendencias en la abundancia y variaciones en la distribución. Estos monitoreos se vuelven aún más vitales para la conservación de especies de cetáceos que han estado al borde de la extinción.

## **2. Objetivos**

El presente estudio se realizó en dos épocas reproductivas consecutivas (julio-agosto en 2013 y 2014) con los siguientes objetivos:

1. Determinar la abundancia relativa.
2. Mapear la distribución y uso de hábitat a lo largo de la costa continental ecuatoriana e identificar zonas de agrupación de ballenas jorobadas.
3. Determinar si existe y cuál es la relación entre la presencia de ballenas y la temperatura superficial del mar (SST) y la profundidad
4. Determinar si estas variables ambientales influyen en el comportamiento de las ballenas y la distribución y estructura de sus grupos sociales.

## **3. Área de estudio**

El área de estudio se encuentra a lo largo de la costa ecuatoriana hasta los 60 millas desde la costa, más allá del límite de la plataforma geológica continental, misma que es angosta y termina en la fosa Ecuador ubicada entre las 30 y 50 millas desde la orilla (Goyes 2009). La pendiente de la plataforma es pronunciada y alcanza profundidades mayores a los 1500 metros a pocas millas de distancia de la costa.

Con el objetivo de evitar las áreas de influencia de los puertos de Esmeraldas, ubicado en 0°59'40,00"N 79°38'48,00"O y de Guayaquil, localizado en 2°15'5,00"S 79°54'49,00"O (CAMA E 2012), se realizaron las observaciones por debajo del paralelo 0°56'00"N y por encima del paralelo 2°11'S. (Tabla 1, Mapa 1).

La zona norte del Pacífico sudoriental recibe las aguas cálidas tropicales de la contracorriente ecuatorial que llega aproximadamente hasta el Golfo de Guayaquil ( $3^{\circ}$  S) donde choca con la corriente de Humboldt y ambas continúan hacia el oeste formando la corriente ecuatorial del sur (Félix y Guzmán 2014). Es por esto que en la costa ecuatoriana la SST disminuye conforme se viaja hacia el sur: La zona norte del área de estudio, que incluye la costa de Esmeraldas y de Manabí hasta la localidad de Pedernales ( $0^{\circ} 4'23,23''\text{N}$   $80^{\circ} 3'5,01''\text{O}$ ) presenta, entre julio y septiembre, una SST habitual entre los  $25^{\circ}$  y  $26^{\circ}$  centígrados. La zona centro del área de estudio, en la que se encuentra la costa de Manabí desde Pedernales hasta Puerto López ( $1^{\circ}33'42,72''\text{S}$   $80^{\circ}49'14,30''\text{O}$ ) tiene, durante el mismo periodo, una SST entre los  $24^{\circ}$  y  $25^{\circ}$  centígrados. Finalmente, la zona sur, entre Puerto López y La Libertad, en la costa de Santa Elena, ( $2^{\circ}14'8,29''\text{S}$   $80^{\circ}54'1,77''\text{O}$ ), registra una SST entre  $22,5^{\circ}$  y  $23,5^{\circ}$  C durante los meses de julio a septiembre (INOCAR 2015). Una característica importante para entender las variaciones de temperatura del mar es el “frente ecuatorial”, una formación oceanográfica que ocurre cuando chocan la corriente de Humboldt y la contracorriente ecuatorial y que se mueve más hacia el sur o el norte, dependiendo de la intensidad de los vientos anticiclónicos del Pacífico Sur (Wyrcki 1975, Cucalón 1996)

## **4. Metodología**

### **4.1. Observaciones en el campo**

Las observaciones realizadas en este estudio se llevaron a cabo en un velero de 14 metros de eslora, con un motor auxiliar a diésel para casos de emergencia, entre el 28 de julio y el 12 de agosto de 2013, y el 21 de julio al 7 de agosto de 2014. El

promedio de velocidad del velero fue de 4 nudos, aunque podía variar mucho entre transectos dependiendo de la velocidad del viento. La altura de observación fue de 3 metros sobre el nivel del mar. Para determinar la abundancia relativa, definida como la cantidad de animales observados por esfuerzo de observación, se realizaron transectos lineales intentando seguir un patrón de zigzag en sentido paralelo a la costa, en dirección norte-sur y posteriormente sur-norte (Figura 2). El esfuerzo de observación se definió como el trabajo de dos personas monitoreando actividad de superficie durante dos horas. Se realizaron 6 esfuerzos al día, empezando a las 6.00 y finalizando a las 18.00.

Los dos observadores escanearon el océano a ambos lados del velero y anotaron cada observación de un cetáceo con la posición geográfica del GPS (Garmin) del velero, la distancia y dirección del avistamiento, la especie y el tamaño del grupo, comportamiento, temperatura superficial del mar, la profundidad, rumbo y velocidad del velero y fuerza de viento.

Como grupos se distinguieron las siguientes categorías: Individual, pares, triadas, manadas (4 o más individuos), competitivos (normalmente una hembra y varios machos agresivos), madre con cría, madre-cría-escolta (véase Tyack y Whitehead 1983, Baker y Herman 1984, Clapham et al. 1992). Se definieron los comportamientos de la siguiente manera: viaje, *traveling* o *tr*, como un nado y buceo habitual, con periódicas salidas a respirar a la superficie y cuyas señales o *cues* características son el *blow* o soplo y *body* o nado superficial mostrando el lomo; y actividad superficial, *surface activity* o *sa*, que corresponde a comportamientos relacionados con el cortejo, apareamiento y comunicación visual. Sus *cues* característicos son el salto fuera del agua o *breach* y salpicar agua o *splash*. Existen

otros *cues* que se buscaron en el estudio, entre ellos: mostrar la cola o *fluke*, y mostrar las aletas pectorales o *flipper*.

Tanto la SST como los datos de profundidad se tomaron con el termómetro y la ecosonda instalados en el barco. La ecosonda tiene una apreciación máxima del de 120 metros, por lo que no se tomó esta variable como cuantitativa sino como categórica: de 20 a 44,9 metros de profundidad se catalogó como “Aguas superficiales”, de 45 a 69,9 “aguas poco profundas”, de 70 a 94,9 “aguas profundas, de 95 a 119,9 “muy profundas” y más de 120 como “fuera de rango”.

## 4.2. Análisis de datos

### 4.2.1. Abundancia relativa

Se contabilizaron los avistamientos, las ballenas y el tiempo de observación en horas. Se dividió el total de ballenas avistadas por el tiempo total de observación en cada temporada para obtener la cantidad de ballenas avistada por hora. Se utilizó tests de  $\chi^2$  para determinar la significancia de los resultados.

### 4.2.2. Distribución

Los datos de distribución de ballenas se procesaron con ArcGIS. Se realizaron mapas de distribución total de ballenas así como de grupos avistados. Los análisis estadísticos se realizaron con las herramientas PSPPIRE. Se calcularon dos *Kernel Density Estimators* usados comúnmente (50% y 95% de *Utilization Distribution* - UD-, que representa la probabilidad de encontrar un individuo en un área definida) mediante el paquete “adehabitatHR” en R, utilizando un factor de suavizado (h)

fijado manualmente. Se recurrió nuevamente a ArcGIS para mapear los resultados obtenidos.

#### 4.2.3. Influencia de la temperatura y batimetría sobre la abundancia, distribución y comportamiento de ballenas.

Para el diseño de los mapas de SST y con el fin de procurar una mayor precisión, se incluyeron todos los datos de temperatura registrados, tanto durante los transectos como en encuentros ocasionales con ballenas. Estos últimos no se cuentan dentro del análisis de abundancia relativa. Mediante la herramienta *Inverse Distance Weighted* de ArcGIS, se pudo graficar mapas de la SST, para poder asociarlos a los avistamientos realizados en ambas temporadas (Figuras 3 y 4). Se analizaron las relaciones entre las variables con las herramientas PSPPIRE y STATGRAPHICS Centurion XVII mediante regresiones binomiales negativas y tablas de contingencia, además de un test de Mann Whitney para detectar diferencias entre las temperaturas de ambas temporadas.

## 5. Resultados

### 5.1. Abundancia relativa

En total se realizaron observaciones durante 104,55 horas en 2013 y 105,12 horas en 2014 con 284 y 152 avistamientos en cada temporada respectivamente. En 2013 se avistaron 401 ballenas y un promedio 1,41 ballenas por avistamiento mientras que en 2014 se encontraron 257 individuos y un promedio de 1,69 ballenas por avistamiento. Se encontró una diferencia significativa entre la cantidad de ballenas

avistadas en 2013 y en 2014 ( $\chi^2=31,51$ ;  $df=1$ ;  $p<0,001$ ), y la abundancia relativa fue de 3,84 ballenas por hora en 2013 y 2.45 ballenas por hora en 2014 (Tabla 2).

## 5.2. Distribución

En el análisis conjunto de ambas temporadas, se encontraron las mayores agregaciones (50% KDE = 0.17 km<sup>2</sup>) en 6 ubicaciones: La Reserva Marina Galera-San Francisco (aprox. 0°52'12,00"N 80° 6'28,92"O), aguas al este de Cojimíes (aprox. 0°29'6,00"N 80°11'45,60"O), aguas al noroeste de la ciudad de Pedernales (aprox. 0°5'43,08"N 80°10'22,80"O) aguas al noroeste de la localidad de Canoa (aprox. 0°23'34,80"S 80°38'49,20"O), la Reserva Marina del Parque Nacional Machalilla (aprox. 1°17'20,40"S 80°58'44,40"O), y aguas al norte de la ciudad de La Libertad (aprox. 1°54'39,60"S 81° 0'28,80"O; Mapa 2). Cuatro de estas ubicaciones también presentaron las mayores agregaciones solo para 2013 (50% KDE = 0.14 km<sup>2</sup>): La R.M. Galera-San Francisco, Canoa, La R.M. del PN. Machalilla y La Libertad (Mapa 3). En 2014 se encontraron agregaciones (50% KDE = 0.12 km<sup>2</sup>) en cinco ubicaciones anteriores: R.M. Galera-San Francisco, Cojimíes, Pedernales, Canoa y R.M. del P.N. Machalilla.). En este año no se muestreó en la Libertad (Mapa 4). Finalmente, también se realizaron *Kernel Density Analysis* para los comportamientos de sa de cada año. En 2013, hubo tres zonas con las mayores agregaciones (50% KDE = 0.10 km<sup>2</sup>) de ballenas en comportamiento sa: Canoa (aprox. 0°24'28,80"S 80°40'19,20"O), R.M. del P.N. Machalilla (aprox. 1°17'20,40"S 80°58'44,40"O) y La Libertad (aprox. 1°55'55,20"S 80°59'13,20"O). En 2014, hubo 6 zonas con las mayores agregaciones (50% KDE = 0.12 km<sup>2</sup>) de ballenas en comportamiento sa: al norte de la R.M. Galera-San Francisco (aprox. 0°54'25,20"N 80°6'14,40"O), Cojimíes (aprox. 0°31'8,40"N 80°12'25,20"O), Pedernales (aprox.

0°5'38,4"N 80°10'12,00"O), Canoa (aprox. 0°19'51,60"S 80°32'34,80"O), al norte de la ciudad de Manta (aprox. 0°54'36,00"S 80°46'22,80"O) y la R.M. del P.N. Machalilla (Mapa 5).

### 5.2.1. SST y Abundancia

Un test de Mann-Whitney mostró que la SST de ambas temporadas fue significativamente diferentes ( $U=4368,5$ ;  $Z = -25,125$ ,  $p < 0.001$ ). El promedio de temperatura en 2013 ( $n=250$ ) fue de  $24.72^{\circ} \text{C} \pm 0.75^{\circ}\text{C}$  mientras que en 2014 ( $n=152$ ) fue de  $26.39^{\circ} \text{C} \pm 1.04^{\circ}\text{C}$  (Mapas 6 y 7).

Mediante tablas de contingencia, se pudo detectar relaciones significativas entre la profundidad y la SST para 2013 ( $n=250$ ,  $\chi^2=141,32$ ;  $df=12$ ;  $p<0,001$ ) y para 2014 ( $n=152$ ,  $\chi^2=79,70$ ;  $df=12$ ;  $p<0,001$ ). Tanto para 2013 como para 2014 se encontró que las mínimas temperaturas superficiales registradas ( $24^{\circ}\text{C}$  y  $25^{\circ}\text{C}$  respectivamente) ocurrían con mayor frecuencia en el área de menor profundidad, mientras que las SST más altas ( $26^{\circ}\text{C}$  -  $28^{\circ}\text{C}$ ) ocurrían más frecuentemente en la zona de mayor profundidad (Gráfico 1).

Mediante una regresión binomial negativa, se pudo detectar un efecto negativo significativo de la SST sobre la abundancia relativa de ballenas ( $\text{Abundancia} = e^{(12.4857 - 0.296913 \cdot \text{SST})}$ ;  $p<0.001$ ), siendo estas más escasas en zonas de temperaturas más altas. (Gráfico 2).

### 5.3. SST y Comportamiento

Sendos tests de  $\chi^2$  no mostraron diferencias significativas entre la frecuencia de observación de comportamientos de actividad superficial y de viaje en ninguno de los dos años ni en conjunto para ambos. Las frecuencias para *sa* y *tr* en 2013 fueron de 156 y 128 respectivamente, mientras que para 2014 fueron de 79 y 73. Un análisis conjunto de las temperaturas de ambos años mostró que existe una relación significativa ( $n=402$ ,  $\chi^2=10,78$ ;  $df=4$ ;  $p=0,029$ ) entre la SST y el comportamiento de las ballenas. La mayoría (253) de los eventos tanto de actividad superficial (*surface activity*) como de viaje (*traveling*) ocurrió en temperaturas de 24° y 25° C. (Gráfico 3). Un análisis similar para cada año independiente mostró que la relación era significativa en 2013 ( $n=150$ ,  $\chi^2=9,33$ ;  $df=3$ ;  $p=0,025$ ) mientras que en 2014 las temperaturas mas altas en toda la zona no resultaron en diferencias de comportamiento por temperatura. De igual manera, mediante tablas de contingencia, se encontró relaciones significativas entre la SST y los *cues* de comportamiento para el análisis en conjunto de ambas temporadas ( $n=365$ ,  $\chi^2=112,28$ ;  $df=16$ ;  $p<0,001$ ) y para 2013 ( $n=242$ ,  $\chi^2=38,09$ ;  $df=8$ ;  $p<0,001$ ). Para la temporada de 2014, la relación no fue significativa (Gráfico 4).

### 5.4. SST y estructura de grupos

Se logró detectar una relación significativa entre la SST y la distribución de las estructuras de los grupos para el año 2014 ( $n=153$ ,  $\chi^2=29,95$ ;  $df=18$ ;  $p=0,038$ ) y para el análisis en conjunto para ambos años ( $n=403$ ,  $\chi^2=77,50$ ;  $df=24$ ;  $p<0,001$ ), pero no para 2013. En 2014, las composiciones de grupos se distribuyeron más heterogéneamente entre los rangos de temperatura favoreciendo los 27°C, sobre todo las madres con cría, que no estuvieron presentes en ningún otro nivel de

temperatura. (ver Gráfico 5). Se lograron identificar 5 crías en la temporada de 2013 y 9 en 2014 (Mapas 8 y 9).

### **5.5. Profundidad y comportamiento**

Pruebas de  $\chi^2$  no mostraron ninguna relación significativa entre la profundidad y los comportamientos de *sa* y *tr* para 2014 ni para los dos años en conjunto, sin embargo existió una relación apenas significativa entre estas dos variables en 2013 (Tabla 3). Se logró detectar una relación contingente significativa entre la profundidad y los *cues* de comportamiento en el test para ambos años ( $n=365$ ,  $\chi^2=34,73$ ;  $df=9$ ;  $p<0,001$ ) y para 2013 ( $n=246$ ,  $\chi^2=32,56$ ;  $df=9$ ;  $p<0,001$ ). En ambos casos *breach* y *body* ocurrieron con mayor frecuencia en 24° C, mientras que *blow* y *splash* lo hicieron en 25°C. En 2014, la frecuencia de eventos de cada *cue* fue similar en todas las temperaturas por lo que no se encontró una relación significativa entre ambas variables. Las frecuencias para estos casos se encuentran detalladas en la Tabla 4.

### **5.6. Profundidad y estructura de grupos**

No se encontró una relación significativa entre la profundidad y la composición de los grupos en ninguna temporada (Tabla 5). La más frecuente composición grupal encontrada fue individuos solitarios: 204 en 2013 y 90 en 2014. Se encontraron 58 pares en 2013 y 30 en 2014, mientras que se identificaron 8 triadas en cada temporada. En 2013 se encontraron 3 manadas mientras que en 2014 se observaron 7. De igual manera se hallaron menos grupos competitivos en 2013 (8) que en 2014 (11). En 2013 se encontraron 5 crías distribuidas en los siguientes grupos: dos crías solitarias y un grupo “madre-cría-escolta” en la zona superficial

(20- 44,9 m) y dos grupos “madre-cría-escolta” en la zona de mayor profundidad (>120m). En 2014 se encontraron 9 crías distribuidas de la siguiente manera: un grupo “madre cría escolta” en la zona superficial (20- 44,9 m), una manada de cuatro individuos con una cría en la zona poco profunda (45 – 69,9 m) y 5 grupos “madre-cría”, uno “madre-cría-escolta” y una manada de 5 individuos con una cría en la zona de mayor profundidad. En la Tabla 6 se encuentra un resumen de frecuencias de avistamiento para cada grupo en cada año.

## **6. Discusión:**

Aunque el periodo de monitoreo de 2014 contó con dos días más, el tiempo de monitoreo práctico solo contó con 30 minutos (en más de 6000) extras en esa temporada. Esto permitió tener una consistente medición de abundancia relativa de ballenas jorobadas y facilitó observar el significativo descenso en avistamientos en 2014. Es importante dejar en claro que a pesar de que los esfuerzos fueron similares, en 2014 no se pudo visitar la zona sur del área de estudio (entre Puerto López y La Libertad) por lo que los resultados pueden tener un sesgo.

La *Kernel Density Estimation* ha probado ser una herramienta estadísticamente robusta para manejar datos espaciales de uso de hábitat de diversos animales, particularmente cetáceos y otros organismos marinos (e.g. Fury 2009; Rayment et al. 2009; Flores y Bazzalo 2004; Hart et al. 2012, Hirschfeld 2013). En este estudio, permitió visualizar la diferencia de la distribución entre las dos temporadas que se vuelve más evidente si se toman en cuenta solo los comportamientos de *surface activity*. Estos comportamientos son más comunes durante el cortejo y

apareamiento por lo que una *Kernel Density Estimation* de estos comportamientos ofrece una imagen de las zonas de alta concentración de actividades reproductivas en la costa ecuatoriana, confirmando que las ballenas en efecto si tienen una predilección de hábitat. Esto es particularmente evidente en la Isla de la Plata donde existió una sobre posición de la distribución de uso de ambos años. De igual forma, permitió identificar nuevas áreas donde ocurre apareamiento aparte de las ya catalogadas (i.e. Santa Elena, Isla de la Plata y Esmeraldas) por Félix y Haase (1997, 1998, 2000), Scheidat et al. (2000, 2004) y Denkinger et al. (2006). Las aguas de Cojimíes, Pedernales y Canoa no han sido, hasta ahora, consideradas en la literatura como zonas de agregación y apareamiento de ballenas jorobadas durante el invierno austral. Es fundamental retornar a estas zonas en futuras temporadas de apareamiento para determinar si se trata, en efecto, de áreas reproductivas habituales o si las agregaciones responden a condiciones específicas de las temporadas estudiadas o efectos del azar.

Tomando en cuenta que los esfuerzos de avistamiento de ambas temporadas no difirieron significativamente, se vuelve evidente que las ballenas prefieren rangos más bajos de temperatura (24° y 25° centígrados) en aguas ecuatorianas. Es así que los resultados de este estudio concuerdan con otros (e.g. Rasmussen et al. 2007) en que la temperatura superficial del mar tiene un papel fundamental como predictor de la abundancia y distribución de ballenas, sin embargo la influencia de la SST sobre la distribución y comportamientos se evidenció claramente solo en 2013, mientras que en 2014 la distribución de ballenas y sus comportamientos fue relativamente más uniforme.

En ambos años las SST registradas en las zonas de aguas superficiales fueron las más bajas mientras que las temperaturas más altas se tomaron en las zonas cuya profundidad es mayor a los 120 metros. Esto podría explicarse por la influencia de afloramientos propios de la corriente de Humboldt. La falta de mediciones en zonas intermedias de profundidad (entre 45 m y 120m) puede responder al abrupto talud de la plataforma continental ecuatoriana, lo que produjo que al momento de realizar los transectos, se cruce la zona brevemente y se realicen pocos registros.

Al momento de realizar las mediciones de 2014, ya se consideraba la posibilidad de evento de El Niño en los años próximos, lo cual se confirmó para 2015/ 2016 (CPC 2015). En este escenario las significativamente elevadas medidas de SST para ese año ya correspondían a un ENSO (International Research Institute for Climate and Society 2014).

El comportamiento se vio influenciado por la temperatura, especialmente tomando en cuenta actividades energéticas como saltos (*breach*), los cuales ocurrieron en temperaturas iguales o inferiores a 26°C en ambos años. Sin embargo en ambos años la proporción de comportamientos *sa* (incluyendo saltos) y *tr* fue similar, es evidente que en 2013 hubo una preferencia por temperaturas más bajas para realizar *sa* (24°C) y más altas para *tr* (25°C) mientras que en el 2014 se realizaron ambos comportamientos más frecuentemente en aguas de 27°C de SST. Considerando los límites establecidos por Rasmussen et al (2007) para los rangos de temperatura para zonas de apareamiento (21.1–28.3°C), no existió ninguna anomalía en cuanto a los comportamientos. La tendencia de 2014 pudo deberse simplemente a una falta de disponibilidad de temperaturas más bajas en la zona de

apareamiento. Un estudio extensivo sobre fidelidad de hábitat con foto-id en temporadas consecutivas sería vital para identificar una preferencia por éstas áreas más que por la temperatura, en contraposición a lo descrito por Rasmussen et al (2007) que sugieren que la distribución responde más a la temperatura que a la ubicación geográfica,

Curiosamente, la SST no jugó un papel significativo en la distribución de los diferentes grupos de ballenas en 2013, pero sí en 2014. En el primer caso, se encontraron distribuciones similares en 3 estratos de temperatura, mientras que en 2014 las distribuciones en los diferentes estratos de SST fueron más heterogéneas. La distribución de las crías coincide con lo visto con la totalidad de ballenas: en 2013, las 5 crías se encontraron en la zona “fría” de la costa (24°-25° C) en el sur, mientras que en el 2014 7 de las 9 se encontraron en zonas de 27°C en el centro norte y las dos restantes en el sur en un área de 25°C.

A pesar que la preferencia para áreas de crianza de ballenas jorobadas se enfoca en zonas de poca profundidad en la plataforma continental (Rasmussen et al. 2007), los test utilizados no mostraron una relación significativa entre la profundidad y los comportamientos y al contrario de lo esperado, se pudo evidenciar una preferencia por la zona de mayor profundidad (i.e. más de 120 metros). Si se toman en cuenta los *cues breach* y *blow* como característicos de comportamientos *sa* y *tr* respectivamente, se puede notar que existe una preferencia para realizar ambos en zonas de más de 120 m de profundidad para 2013. En el caso de 2014, aunque la profundidad no tuvo influencia significativa sobre los *cues*, se puede notar que la

mayoría de *blow* y *splash* (este último también característico de *sa*) también ocurrieron más frecuentemente en la zona de más de 120 m de profundidad.

Aunque no se pudo identificar una clara relación entre la profundidad y la estructura grupal, se pudo detectar 9 crías en zonas de profundidad mayores a 120 metros y 5 crías en áreas con profundidades menores a 70 metros (con 4 de ellas en áreas de menos de 45 m de profundidad). Esto contrasta con hallazgos en otros estudios que sugieren que los grupos con crías, particularmente “madre-cría” prefieren la protección de zonas costeras con profundidades entre 20 y 50 m (e.g. Mattila et al. 1994, Ersts y Rosenbaum 2003; Felix y Haase 2005; Guidino et al. 2014). Esto podría deberse a la constante presión por parte de la creciente industria de avistamiento de ballenas, al igual que las numerosas naves de pesca artesanal, que obligan a las madres con cría a abandonar estas áreas. (Véanse Corkeron 1995; Scheidat et al. 2004; Cartwright et al. 2012). Pescadores artesanales y operadores de tours de avistamiento en diferentes localidades de la costa ecuatoriana han reportado que los encuentros con ballenas se dan a mayor distancia de la costa en contraste a lo ocurrido en años anteriores y sugieren que se debe a presiones por la misma pesquería e industria turística (Muñoz Abril 2013).

A pesar de encontrarse menos ballenas en 2014, se presentaron más grupos numerosos que en 2013, aunque la diferencia no fue significativa. Esto podría explicarse, tal vez, por la mayor dificultad para encontrarse entre ellas debido a la menor densidad. Aunque no hay datos que sustenten esta afirmación, pero también se podría explicar por una preferencia innata de ciertas ballenas por aguas más cálidas o por alguna característica ambiental desconocida que hace que las pocas

ballenas que se encontraron en 2014 se agrupan densamente y en aguas más cálidas.

Al ser la SST una variable que regula la distribución de las ballenas en áreas reproductivas, un fenómeno que altere la SST (e.g. cambio climático, ENSO) tendría efectos importantes sobre la distribución de las ballenas en aguas del Ecuador (lo que explicaría la relativa escasez de ballenas en 2014 a pesar de que se realizó un esfuerzo similar al de 2013). Se sabe que las ballenas requieren de un rango específico de temperaturas, independientes de la latitud, para dar a luz a sus crías y llevar a cabo sus comportamientos reproductivos. Al realizar su larga migración desde la Antártica, los animales continúan hacia el norte en búsqueda de dicho rango. Se especula que, si la SST varía por anomalías climáticas globales y se incrementa cerca de la línea ecuatorial más allá del rango predilecto por las ballenas, éstas podrían evitar llegar hasta estas áreas. Más allá, y en el caso del stock G, las temperaturas requeridas por las ballenas se encontrarían en latitudes más altas y por lo tanto, los animales no necesitarían realizar el viaje migratorio completo, deteniéndose a lo largo de la costa sudamericana, limitando las posibilidades de observarlas en aguas ecuatorianas y afectando la industria turística del avistamiento. Más allá de los efectos económicos, es fundamental entender las implicaciones fisiológicas de un viaje migratorio más corto para los ballenatos recién nacidos o para sus madres. Es probable que para las hembras embarazadas, el viaje migratorio largo signifique poder terminar la gestación exitosamente y alumbrar a su cría a los pocos días de su llegada. En el caso de las ballenas que no realicen los viajes de migración completos, podrían necesitar más

tiempo del habitual en zonas de alta conflictividad con industrias pesqueras o de transporte de carga, aumentando incidentes de bycatch y colisión con naves.

Es imprescindible llevar a cabo monitoreos similares más extensivos y durante más temporadas reproductivas para identificar claramente el efecto de estas variables ambientales, tanto SST como profundidad, en el comportamiento y distribución de las ballenas en aguas ecuatorianas, pues es evidente que en la mayoría de los casos, la significancia de los análisis en conjunto para ambas temporadas, se explica vastamente por los datos recogidos en 2013, cuando los avistamientos fueron más abundantes. De igual manera, considerar otras variables (e.g. composición de fondo, salinidad, anomalías gravitatorias, etc) en el análisis podría brindar las herramientas necesarias para definir claramente el uso de hábitat reproductivo.

## 7. Referencias

1. Best, P. 1993. Increase rates in severely depleted stocks of baleen whales. ICES Journal of Marine Science 50:169-186.
2. Baker, C.S. y L.M. Herman. 1984. Aggressive behavior between humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) wintering in Hawaiian waters. Canadian Journal of Zoology 62 (10): 1922-1937.
3. Beaugrand, G., M. Edwards, V. Raybaud, E. Goberville, and R. Kirby. 2015. Future vulnerability of marine biodiversity compared with contemporary and past changes. Nature Climate Change 5:695-701.
4. CAMAE, Cámara Marítima del Ecuador. 2012. Autoridades Portuarias. <http://www.camae.org/Puertos.html>
5. Cartwright, R., B. Gillespie, K. LaBonte, T. Mangold, A. Venema, K. Eden, and M. Sullivan. 2012. Between a Rock and a Hard Place: Habitat Selection in Female-Calf Humpback Whale (*Megaptera novaeangliae*) Pairs on the Hawaiian Breeding Grounds. PLoS ONE 7:e38004.
6. Clapham, P. J. 1992. The attainment of sexual maturity in humpback whales, *Megaptera novaeangliae*. Canadian Journal of Zoology 70: 1470-72.
7. Clapham, P.J., P.J. Palsbøll, D.K. Mattila y O. Vasquez. 1992. Composition and dynamics of humpback whale competitive groups in the West Indies. Behaviour 122 (3): 182-194.
8. Clapham, P. J. and J. G. Mead. 1999. *Megaptera novaeangliae*. Mammalian Species 604: 1-9.
9. Clapham, P. J. 1999. The Humpback Whale: Seasonal Feeding and Breeding in a Baleen Whale. Cetacean Societies: Field Studies of Dolphins and Whales. 173-196.
10. Climate Prediction Center (CPC). 2015. ENSO Diagnostic Discussion [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/enso\\_advisory/enso\\_disc.html](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/enso_disc.html).
11. Corkeron, P. 1995. Humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in Hervey Bay, Queensland: behaviour and responses to whale-watching vessels. Can. J. Zool. 73:1290-1299.
12. Cucalón, E. 1996. Primera parte: Oceanografía y sistemas físicos. Pages 1-109 in L. Carrera de la Torre Sistemas biofísicos en el Golfo de Guayaquil. 1st edition. Comisión Asesora Ambiental (CAMM), Quito, Ecuador.
13. Denkinger, J., C. Suárez, A. Franco, and D. Riebensahm. 2006. Informe final del Componente Marino. Proyecto ESMEMAR. Pages: 9-23.

14. Ersts, P., and H. Rosenbaum. 2003. Habitat preference reflects social organization of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) on a wintering ground. *J. Zoology* 260:337-345.
15. Félix, F. and B. Haase. 1997. Spatial Distribution of Different Age Groups of Humpback whales along the Ecuadorian coast. *Eur. Res. Cetaceans*. 11:129-32.
16. Félix, F. and B. Haase. 1998. La investigación de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) alrededor de la Isla de la Plata Manabí durante 1995. *Acta Oceanográfica del Pacífico INOCAR*. 9(1).
17. Félix, F. and B. Haase. 2001. The humpback whale off the coast of Ecuador, population parameters and behavior. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 36(1):61-74.
18. Felix, F., and B. Haase. 2005. Distribution of humpback whales along the coast of Ecuador and management implications. *Journal of Cetacean Research and Management* 7:21–31.
19. Félix, F., and H. Guzmán. 2014. Satellite Tracking and Sighting Data Analyses of Southeast Pacific Humpback Whales (*Megaptera novaeangliae*): Is the Migratory Route Coastal or Oceanic?. *Aquatic Mammals* 40:329-340.
20. Flores, A. C. and M. Bazzalo. 2004. Home ranges and movement patterns of the marine tucuxi dolphin, *Sotalia fluviatilis*, in Baía Norte, southern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Mammals* 3(1): 37-52.
21. Fury, C. 2009. Abundance, behaviour and habitat use patterns of Indo-Pacific bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) in the Clarence and Richmond River estuaries in northern New South Wales, Australia. Ph. D., Southern Cross University.
22. Goyes P. 2009. Fondos marinos de soberanía y jurisdicción del Ecuador. En J-Y Collot, V. Sallares y N. Pazmiño. (Eds.) *Geología y geofísica marina y terrestre del Ecuador desde la costa continental hasta las Islas Galápagos*. Pages: 1-8. Guayaquil, Ecuador: Comisión Nacional del Derecho del Mar (CNDM)
23. Guidino, C., M. Llapapasca, S. Silva, B. Alcorta, and A. Pacheco. 2014. Patterns of Spatial and Temporal Distribution of Humpback Whales at the Southern Limit of the Southeast Pacific Breeding Area. *PLoS ONE* 9:e112627.
24. Hart, K., A. Sartain, I. Fujisaki, H. Pratt, D. Morley, and M. Feeley. 2012. Home range, habitat use, and migrations of hawksbill turtles tracked from Dry Tortugas National Park, Florida, USA. *Marine Ecology Progress Series* 457:193-207.
25. Herman, L., and R. Antinoya. 1977. Humpback whales in the Hawaiian breeding waters: population and pod characteristics. *Scientific Reports of the Whale Research Institute (Tokio)* 29:59-85.

26. Hirschfeld, M. 2013. "Uso de hábitat y patrones de movimiento de tiburones juveniles punta negra, *Carcharhinus limbatus*, en la Isla San Cristóbal, Galápagos". Master of Sciences, Universidad San Francisco de Quito.
27. Hoyt, E. 2005. Marine Protected Areas for Whales, Dolphins and Porpoises: A world handbook for cetacean habitat conservation. Earthscan, London.
28. Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) 2015. Temperatura Superficial del Mar. <http://www.inocar.mil.ec/web/index.php/temperatura-superficial-del-mar>.
29. International Research Institute for Climate and Society. 2014. 2014 June Quick Look. <http://iri.columbia.edu/our-expertise/climate/forecasts/enso/2014-June-quick-look/>.
30. International Whaling Commission (IWC). 1998. Report of the Scientific Committee. Reports of the International Whaling Commission, 48, 53-118.
31. International Whaling Commission. 2011. Population Estimates. <https://iwc.int/estimate>.
32. International Whaling Commission. 2015. Status of whales. <https://iwc.int/status>
33. MacLeod, C. 2009. Global climate change, range changes and potential implications for the conservation of marine cetaceans: a review and synthesis. *Endangered Species Research* 7:125-136.
34. Mattila, D., P. Clapham, O. Vásquez, and R. Bowman. 1994. Occurrence, population composition, and habitat use of humpback whales in Samana Bay, Dominican Republic. *Canadian Journal of Zoology*. 72:1898-1907.
35. Merlen, G. 1992. Ecuadorian whale refuge. *Noticias de Galapagos* 51:23–24
36. Miloslavich, P., E. Klein, J. Díaz, C. Hernández, G. Bigatti, L. Campos, F. Artigas, J. Castillo, P. Penchaszadeh, P. Neill, A. Carranza, M. Retana, J. Díaz de Astarloa, M. Lewis, P. Yorio, M. Piriz, D. Rodríguez, Y. Yoneshigue-Valentin, L. Gamboa, and A. Martín. 2011. Marine Biodiversity in the Atlantic and Pacific Coasts of South America: Knowledge and Gaps. *PLoS ONE* 6:e14631.
37. Muñoz Abril, L. 2013. Observaciones de pesca incidental de cetáceos en la parroquia rural de Súa, en la Provincia de Esmeraldas, Ecuador. Bachelor of Sciences, Universidad Industrial de Santander.
38. National Marine Fisheries Service. 2015. Humpback Whale (*Megaptera novaeangliae*). NOAA Fisheries. <http://www.nmfs.noaa.gov/pr/species/mammals/whales/humpback-whale.html>.
39. Rasmussen, K., D. Palacios, J. Calambokidis, M. Saborío, L. Dalla Rosa, E. Secchi, G. Steiger, J. Allen, and G. Stone. 2007. Southern Hemisphere

- humpback whales wintering off Central America: insights from water temperature into the longest mammalian migration. *Biology Letters*. 3:302-305.
40. Rayment, W., S. Dawson, E. Sooten, S. Bräger, S. Fresne, and T. Webster. 2009. Kernel density estimates of alongshore home range of Hector's dolphins at Banks Peninsula, New Zealand. *Marine Mammal Science* 25:537-556.
  41. Reilly, S.B., J.L. Bannister, P.B. Best, M. Brown, R.L. Brownell Jr., D.S. Butterworth, P.J. Clapham, J. Cooke, G.P. Donovan, J. Urbán, and A.N. Zerbini, 2008. *Megaptera novaeangliae*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2.
  42. Reynolds III, J., H. Marsh, and T. Ragen. 2009. Marine mammal conservation. *Endangered Species Research* 7:23-28.
  43. Scheidat, M., C. Castro, J. Denking, J. González, and D. Adelung. 2000. A breeding area for humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) off Ecuador. *Journal of Cetacean Research and Management* 2:165–171.
  44. Scheidat, M. 2001. Abundance, habitat use, behaviour and management of Humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the Machalilla National Park, Ecuador. CAU, Kiel.
  45. Scheidat, M., C. Castro, J. González, and R. Williams. 2004. Behavioural responses of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) to whale watching boats near Isla de la Plata, Machalilla National Park, Ecuador. *Journal of Cetacean Research and Management* 6(1):000–000.
  46. Stone, G. S., L. Flórez-González, and S. Katona, S. 1990. Whale migration record. *Nature* 346(6286):705
  47. Trenberth, K.E. and T.J. Hoar. 1997. El Niño and Climate Change. *Geophysical Research Letters*. 24: 3057-3060.
  48. Tyack, P. and H. Whitehead. 1983. Male competition in large groups of wintering humpback whales. *Behaviour* 83: 132-154
  49. Whitehead, H., B. MacGill, and B. Worm. 2008. Diversity of deep-water cetaceans in relation to temperature: implications for ocean warming. *Ecology Letters*. 11: 1198 – 1207.
  50. Wyrski, K. 1975. Fluctuations of the Dynamic Topography in the Pacific Ocean. *J. Phys. Oceanogr.* 5:450-459.

## 8. Apéndices

### A) Tablas: Apéndice I

Área de Estudio	
Límite Norte	0°56'00"N
Límite Sur	2°11'00"S
Ancho*	50 mN
Largo**	200 mN
Área Aproximada	34 300 km <sup>2</sup>

*Tabla 1:* Características Geográficas del Área de Estudio. \*El valor de “ancho” corresponde a la estimación máxima de la extensión de la plataforma continental.

\*\*Para el valor “largo” se estimó la distancia lineal entre los límites norte y sur.

### Esfuerzo y Avistamientos

	2013	2014	Diferencia
Periodo	jul 28 - ag 12	jul 21 - ag 7	-
Total minutos	6273	6307	34
Total horas	104.55	105.12	0.57
Avistamientos	284	152	132
Individuos	401	257	144
indiv./hora	3.835	2.445	-

*Tabla 2:* Resumen de información sobre esfuerzos realizados, avistamientos ocurridos e individuos encontrados durante los dos cruceros de investigación.

Temporada	n	$\chi^2$	DF	valor p
2013-2014	407	9,38	4	0,052
2013	255	9,51	4	0,049*
2014	152	5,64	4	0,228

Tabla 3: Resultados de pruebas  $\chi^2$  de Pearson entre los rangos de profundidad y el comportamiento de actividad superficial (*sa*) y viaje (*tr*). La única relación significativa ocurrió en 2013, marcado con un \*

	blow			body			breach			flipper*			fluke*			splash		
	2013	2014	Total	2013	2014	Total	2013	2014	Total	2013	2014	Total	2013	2014	Total	2013	2014	Total
Superficial (20 - 44,9 m)	25	17	42	14	-	14	38	2	40	-	-	-	-	-	-	-	8	8
Poco Profundas (45 - 69,9 m)	13	8	21	7	-	7	27	2	29	-	-	-	-	-	-	-	9	9
Profundas (70 - 94,9 m)	3	5	8	2	-	2	3	2	5	-	-	-	-	-	-	1	5	6
Muy Profundas * (95 - 119,9 m)	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Fuera de Rango (120 m o más)	62	35	97	3	-	3	43	1	44	4	-	4	-	1	1	5	25	30
Total	103	65	168	26	-	26	112	7	119	4	-	4	-	1	1	6	48	54

Tabla 4: Frecuencias de ocurrencia de *cues* de comportamiento en los diferentes rangos de profundidad. La relación entre las variables fue significativa para 2013 y el análisis conjunto de ambos años, mas no para 2014.

\* El nivel "Muy profundas" así como los *cues* "flipper" y "fluke" no se tomaron en cuenta para los análisis de contingencia por tener muy pocos casos.

Temporada	n	$\chi^2$	DF	valor p
2013-2014	408	21,85	24	0,588
2013	255	12,16	20	0,911
2014	153	26,13	24	0,347

Tabla 5: Resultados de pruebas  $\chi^2$  de Pearson entre los rangos de profundidad y la composición de grupos.

Estructura	2013	2014
Individuos	204**	90
Pares	58	30
Triadas	8	8
Manadas	3	7**
Competitivo	8	11
Madre-cría	-	5
Madre-cría escolta	3	2
<b>Totales</b>	284	153
<b>Crías encontradas</b>	5	9

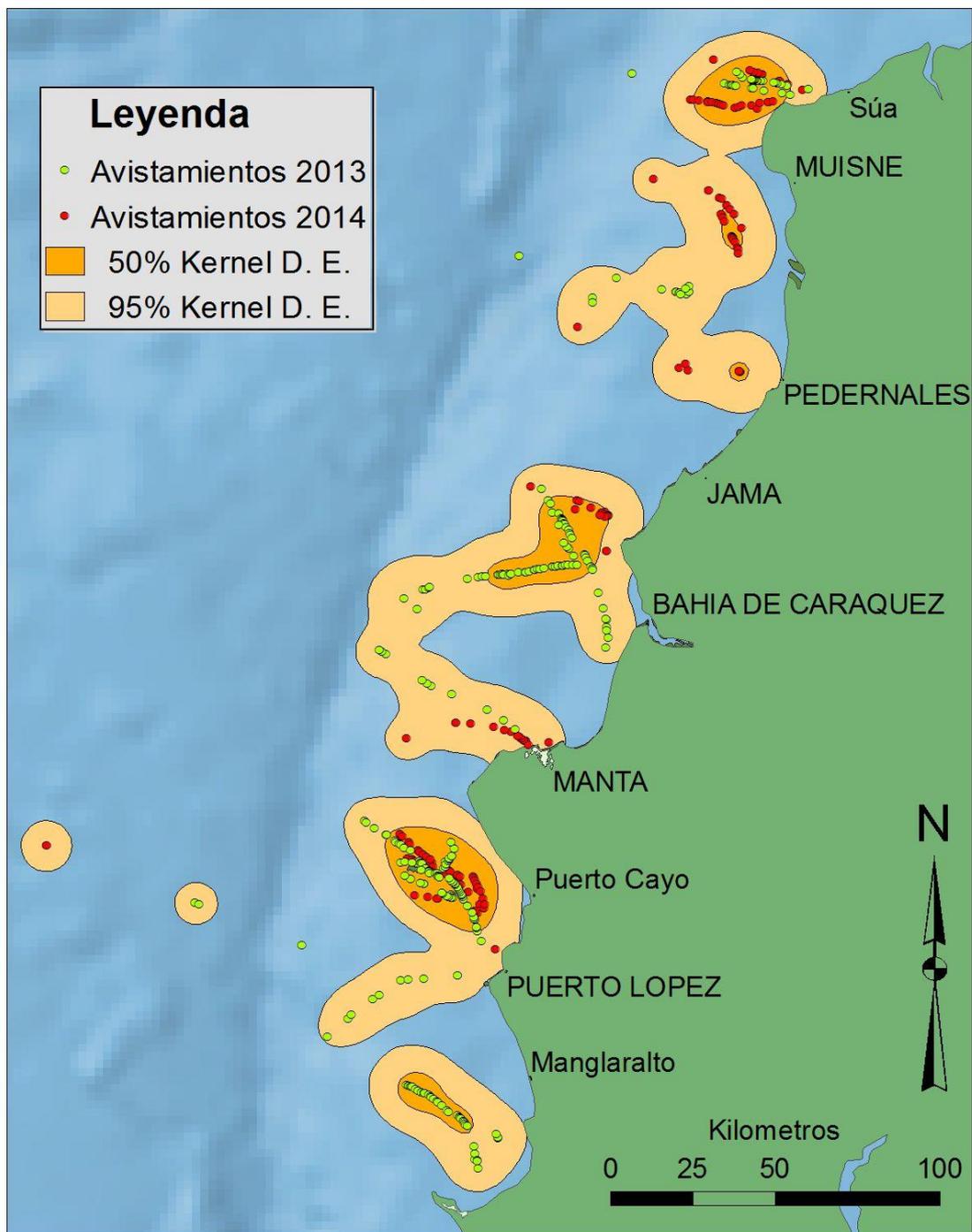
Tabla 6: Registro de las estructuras grupales avistadas y su frecuencia. El campo “Crías encontradas”, incluye crías que se encontraban en los grupos marcados con \*\*. Estructuras: Pares, 2; triadas, 3, Manadas, 4 o más; competitivo, 3 o más mostrando agresividad entre sí. En 2014 hubo más grupos numerosos que en 2013, sin embargo la diferencia no fue significativa.

## B) Mapas: Apéndice 2



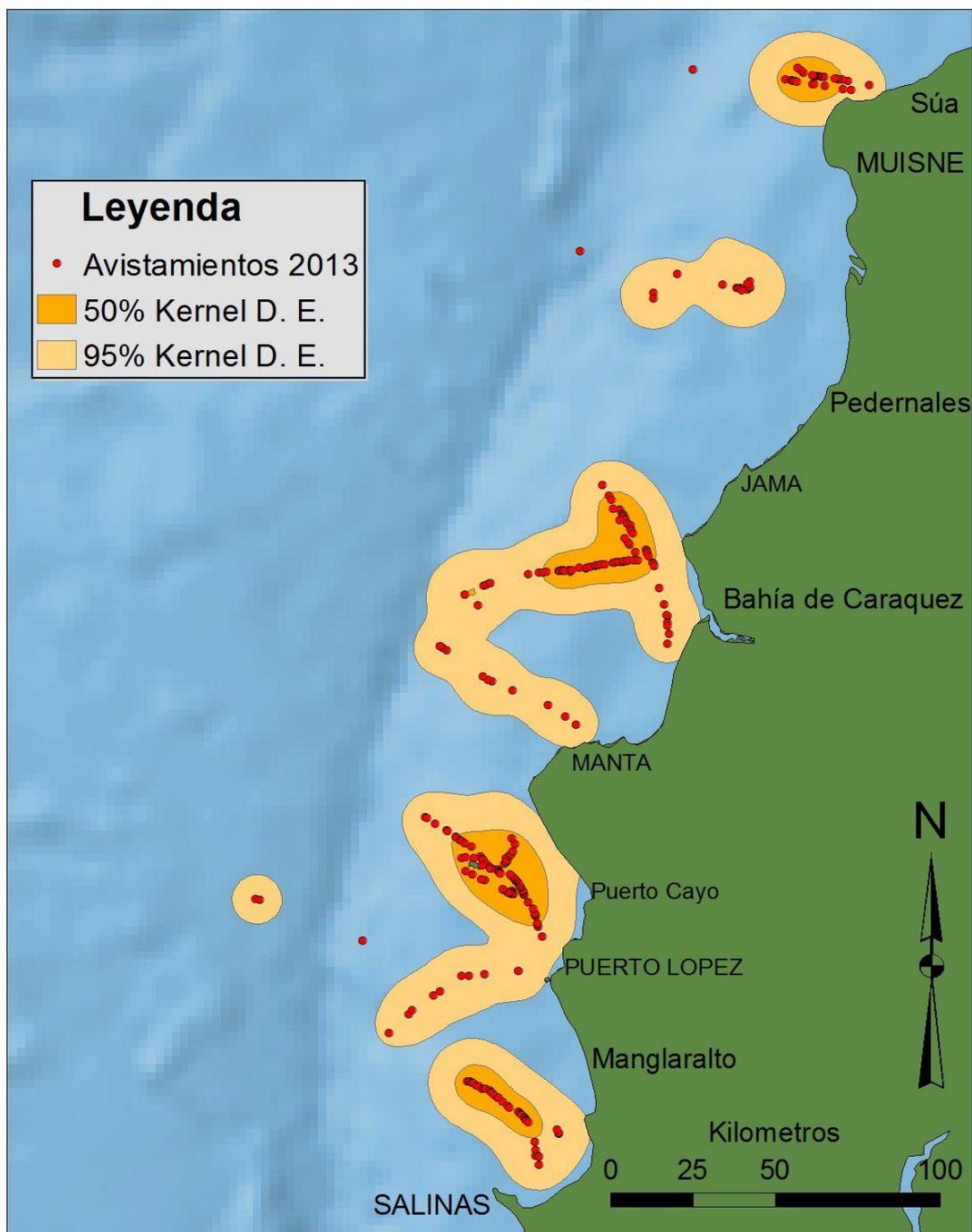
Mapa 1 Área de Estudio.

## Kernel Density Analysis 2013 - 2014



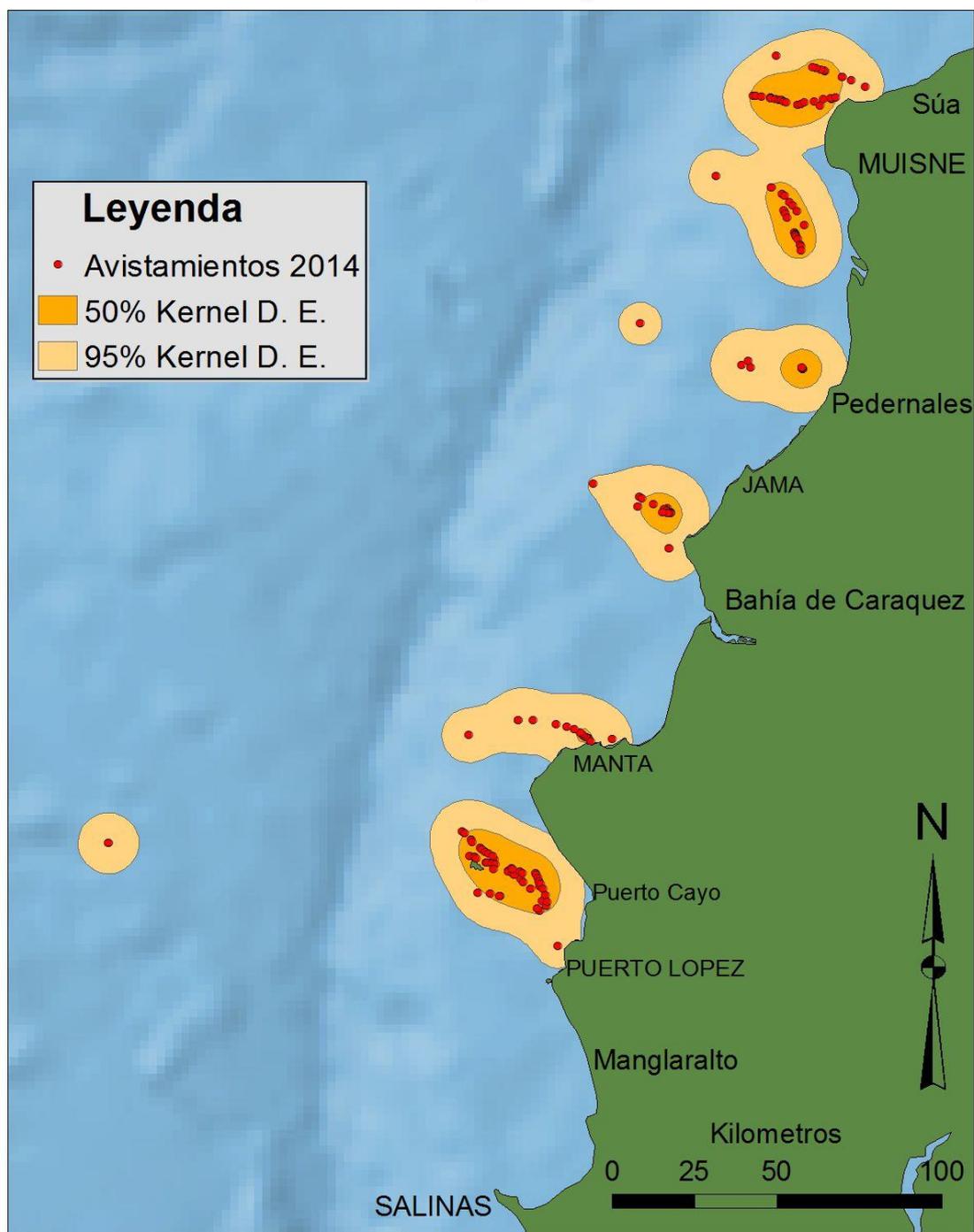
*Mapa 2: Kernel density Analysis para las ballenas de ambas temporadas. Las áreas de color naranja claro indican donde se ubicó el 95% de la distribución de uso de hábitat (UD), que incluye al 50% de UD correspondiente a áreas de color naranja oscuro.*

## Kernel Density Analysis 2013



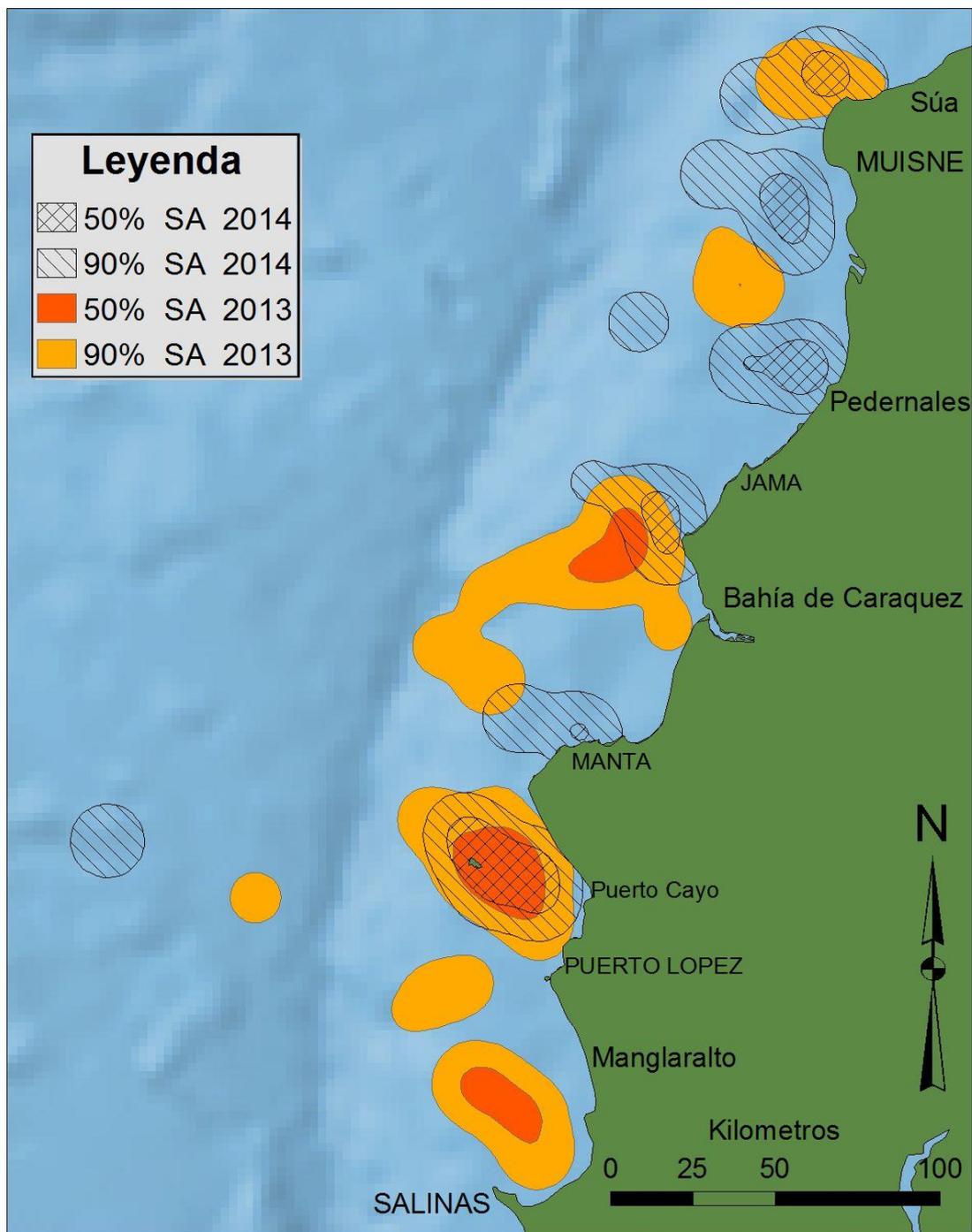
Mapa 3: Kernel density Analysis para las ballenas de la temporada de 2013. Las áreas de color naranja claro indican el 95% de UD de las ballenas avistadas, lo que incluye al 50% UD en las áreas de color naranja oscuro.

## Kernel Density Analysis 2014



*Mapa 4: Kernel density Analysis para las ballenas de la temporada de 2014. Las áreas de color naranja claro indican el 95% de UD de las ballenas avistadas, lo que incluye al 50% UD en las áreas de color naranja oscuro.*

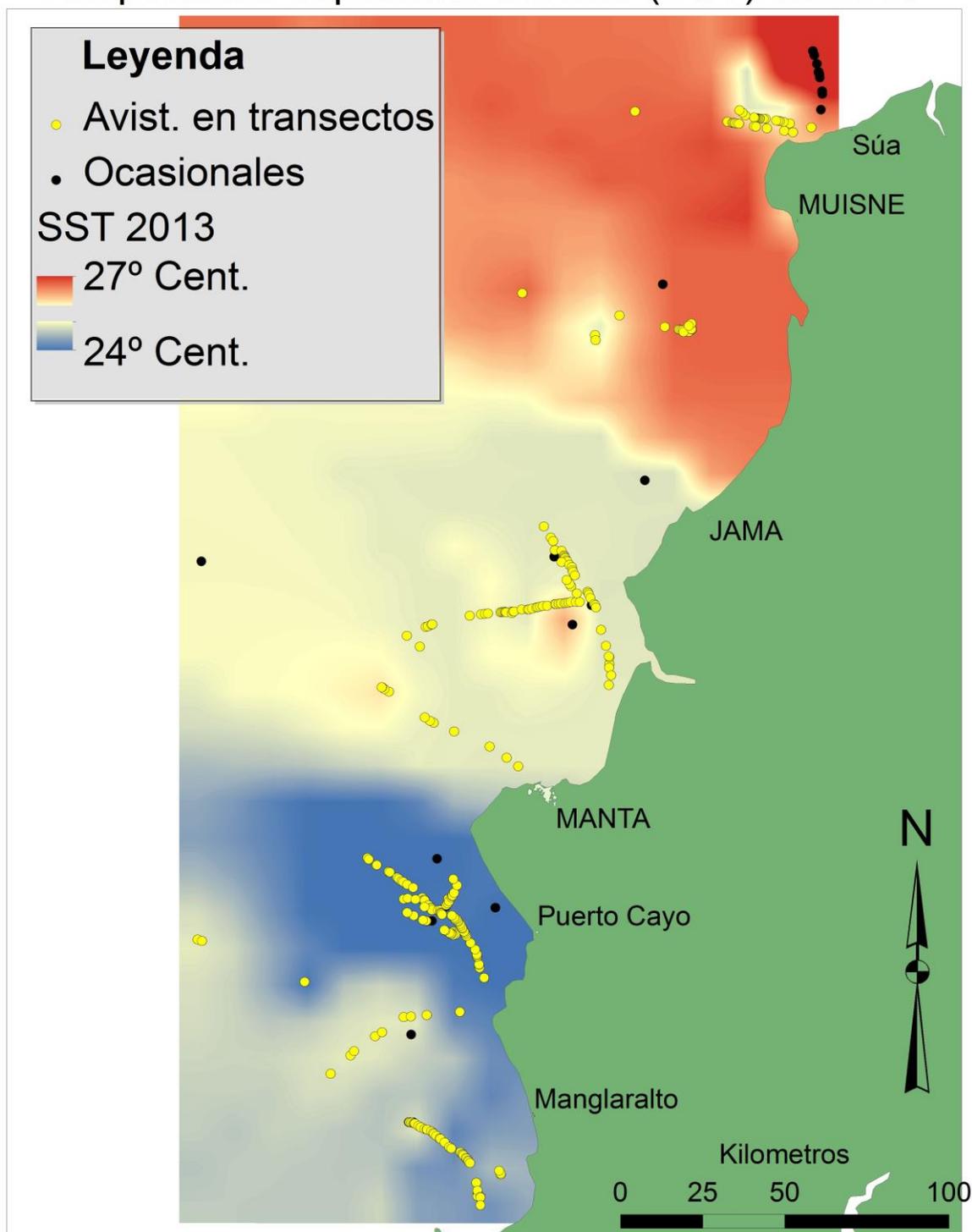
## K. D. E. Surface Activity 2013 - 2014



Mapa 5: Kernel density Analysis para comportamiento de *surface activity* en cada temporadas. “95% SA” indica el 95% de UD para sa en el año correspondiente.

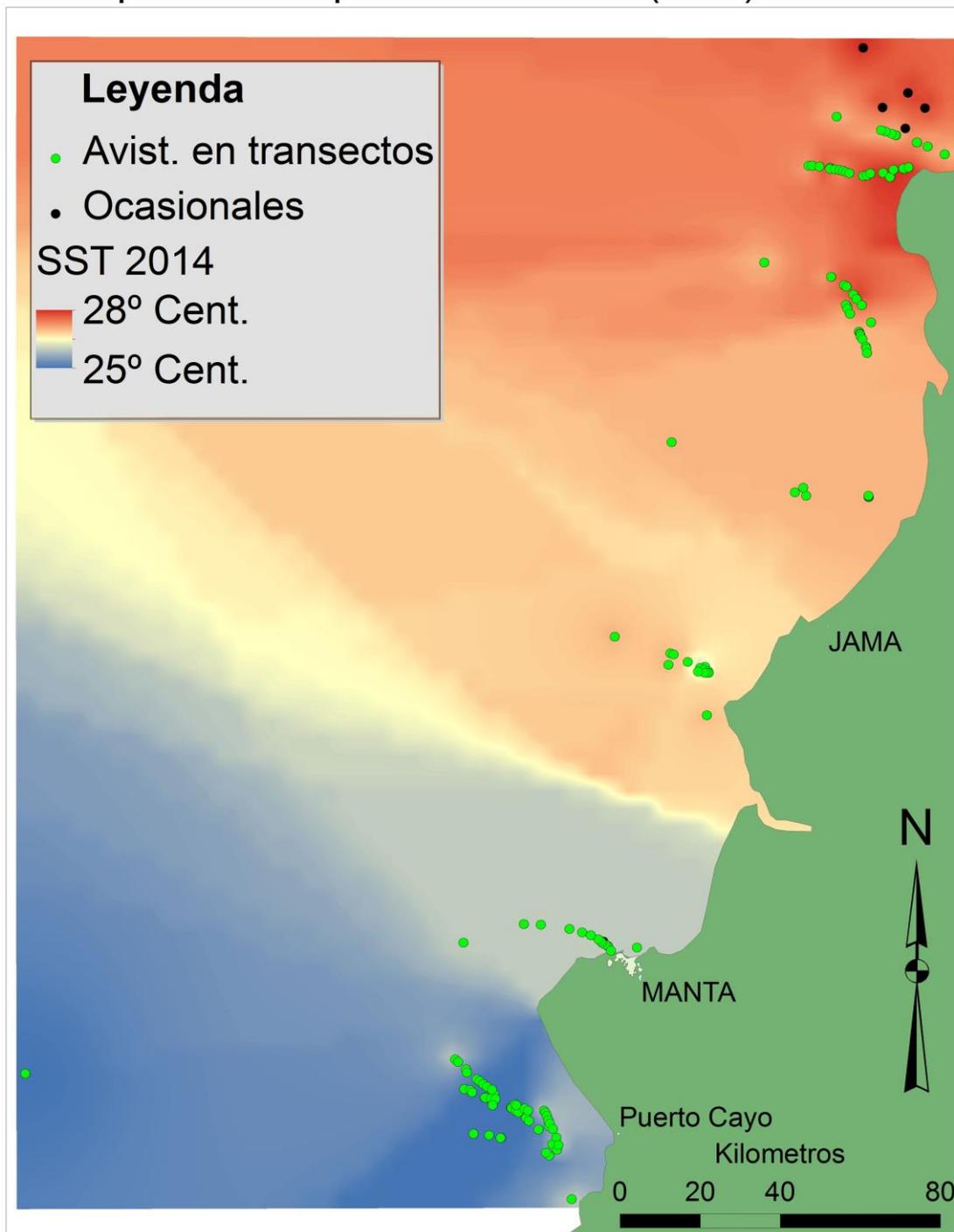
De igual manera “50% SA” indica el 50% de UD para sa en cada año.

## Temperatura superficial del mar (SST) en 2013



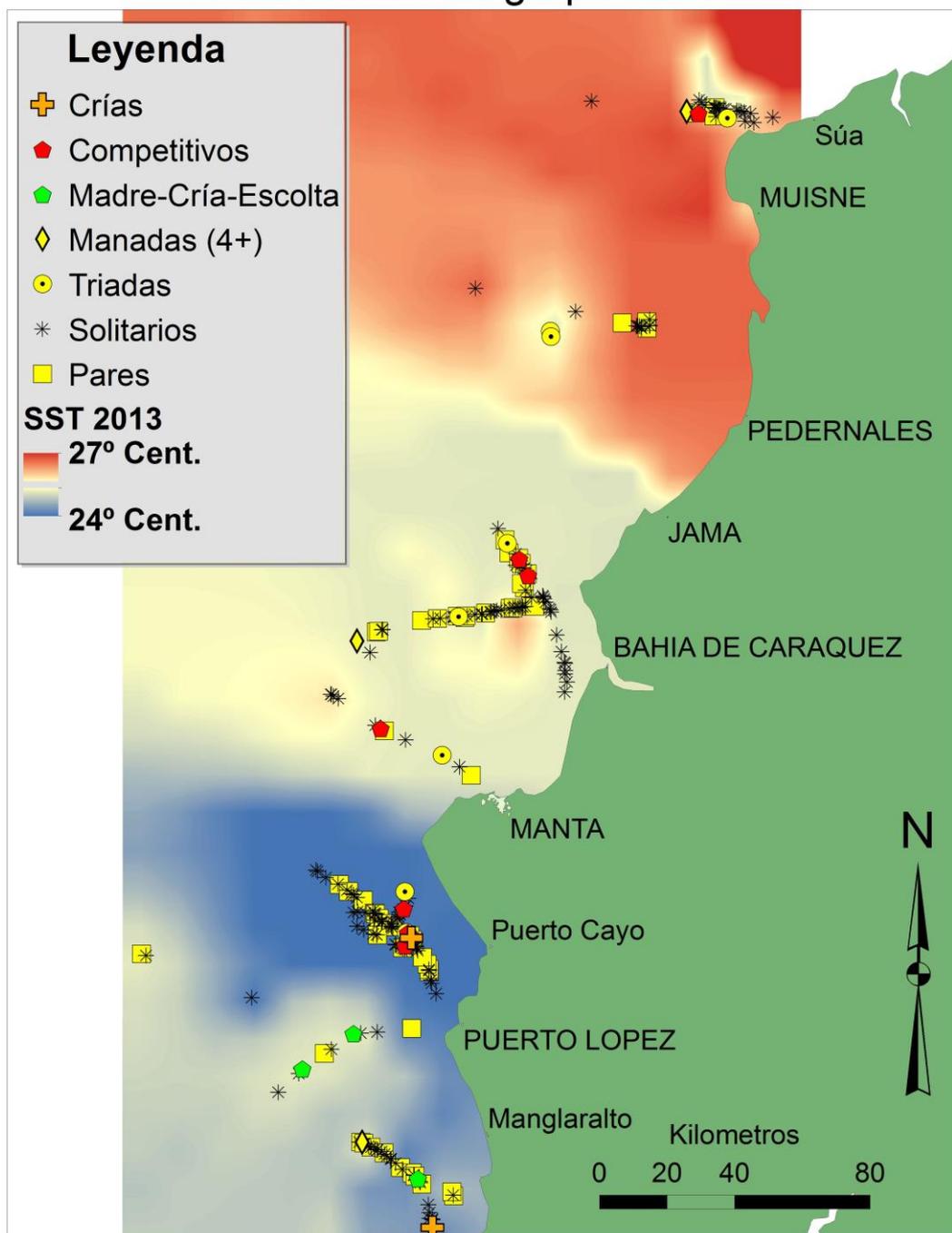
Mapa 6: Temperaturas superficiales del mar y avistamientos de ballenas registrados durante el crucero de 2013.  $\bar{x} = 24.72^\circ \text{C}$ ,  $n=250$

## Temperatura superficial del mar (SST) en 2014



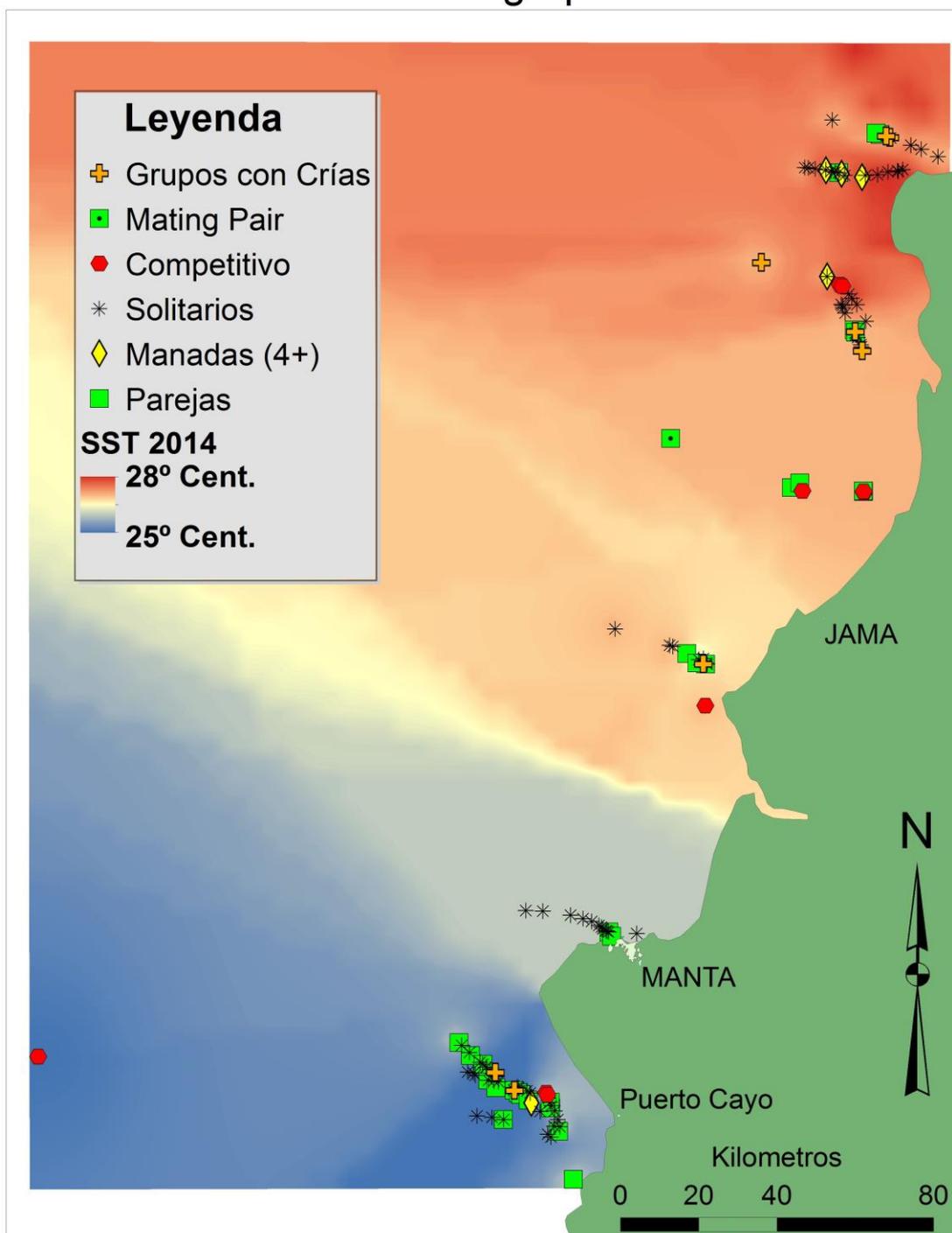
Mapa 7: Temperaturas superficiales del mar y avistamientos de ballenas registrados durante el crucero de 2014.  $\bar{x} = 26.39^{\circ} \text{ C}$ ,  $n=152$

## Distribución de grupos en 2013



*Mapa 8:* Distribución de los grupos de ballenas avistados en 2013. Se encontraron 5 crías en esta temporada, incluyendo 2 crías solitarias y 3 grupos “Madre-cría-escolta”, todos localizados en la zona sur “fría” de la costa.

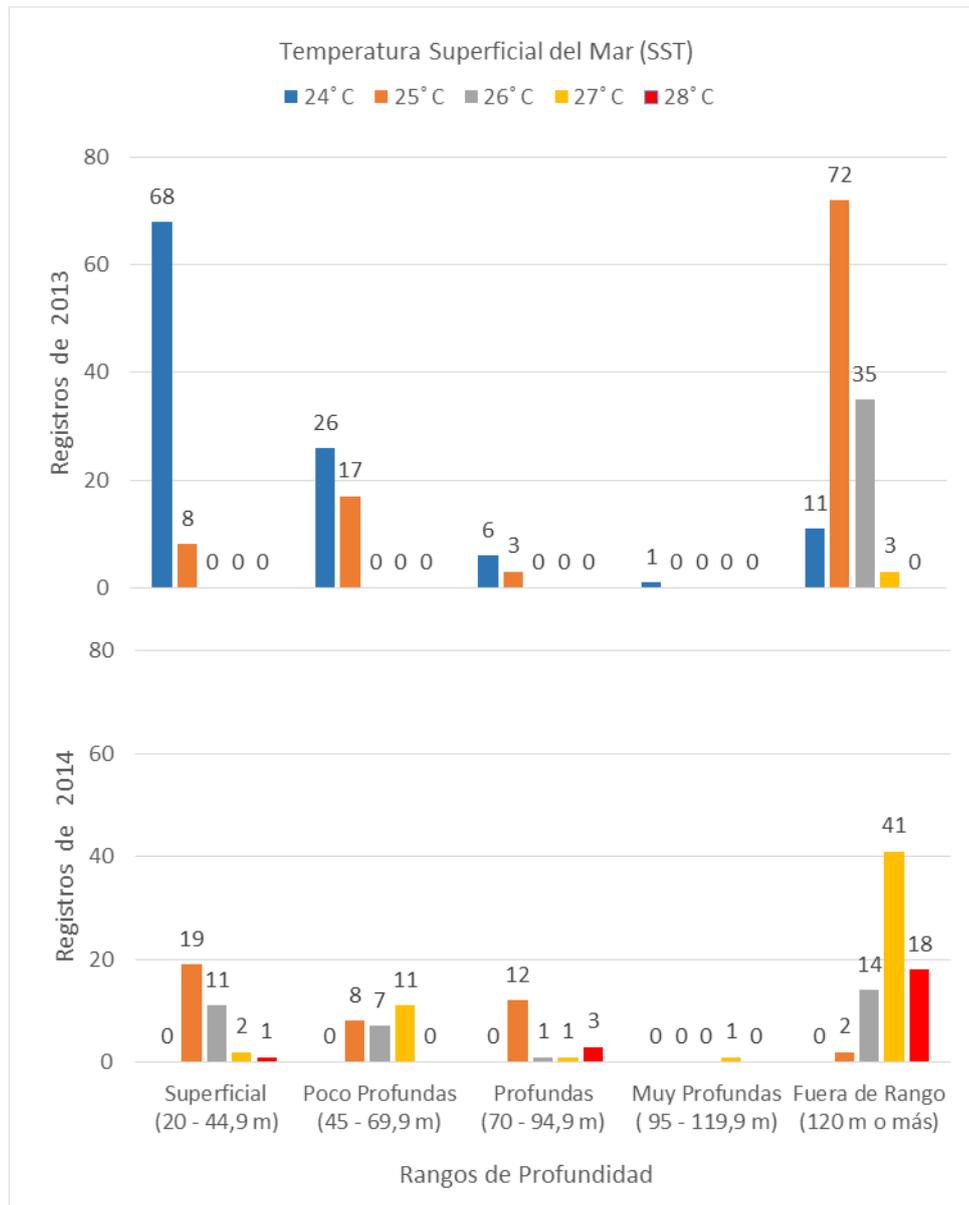
## Distribución de grupos en 2014



*Mapa 9:* Distribución de los grupos de ballenas avistados en 2014

Los "Grupos con crías" incluyen 2 grupos "Madre-cría-escolta", 5 madres con cría, y dos manadas de 4 y 5 individuos incluyendo una cría cada una. En total se encontraron 9 crías en esta temporada.

**C) Gráficos: Apéndice 3**



*Gráfico 1:* Frecuencias de SST para cada rango de profundidad en cada año.

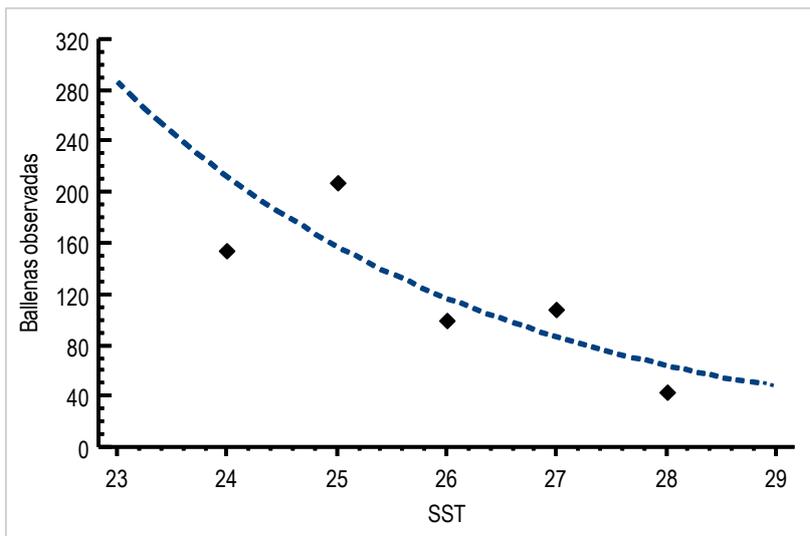


Gráfico 2: Efecto de la SST sobre la abundancia de ballenas.  
 Abundancia Ballenas =  $e^{(12.4857 - 0.296913 \cdot SST)}$ ,  $R^2: 65.57\%$ ,  $p < 0.001$

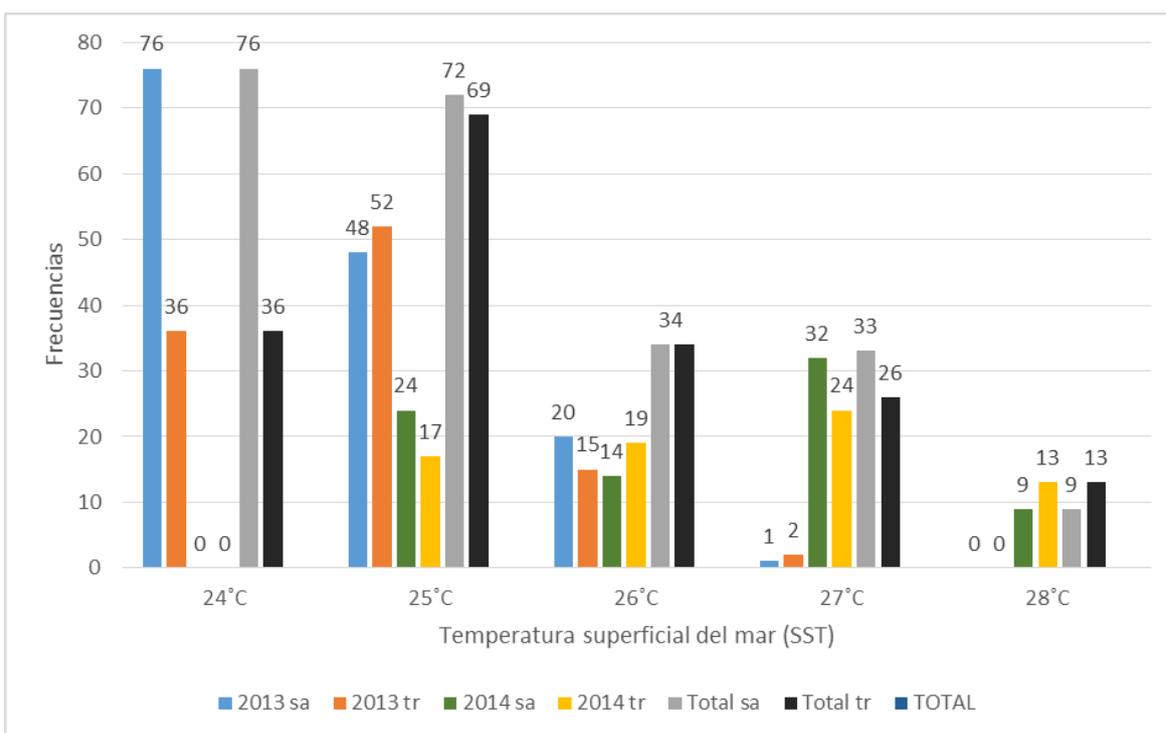
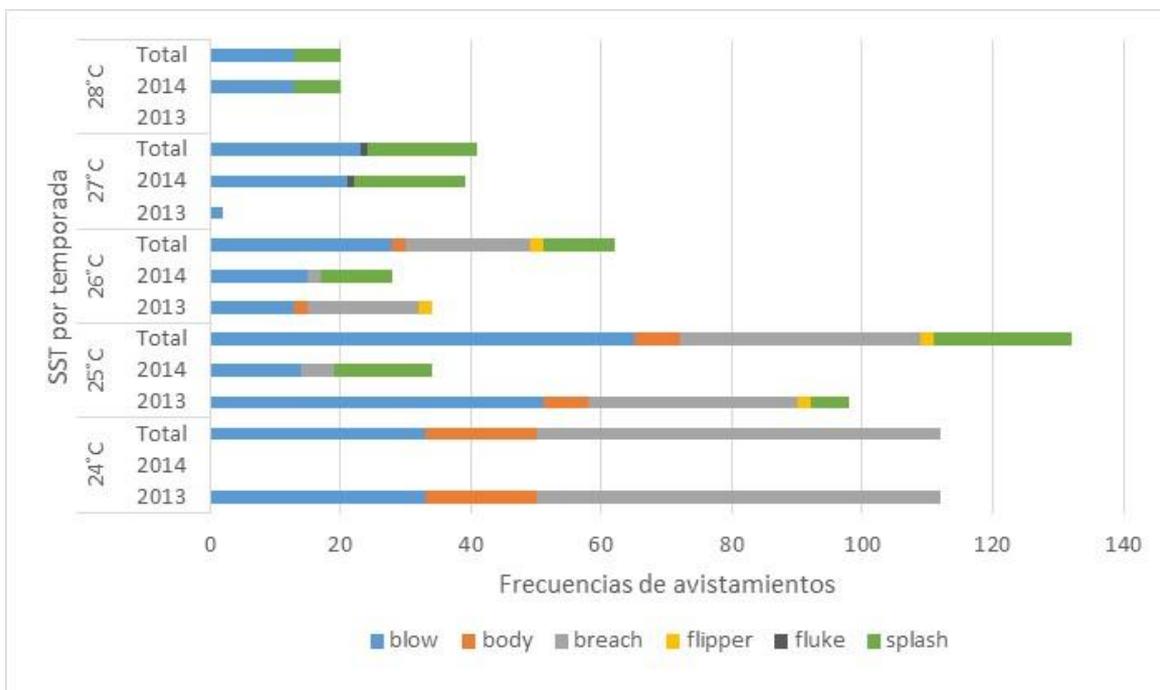
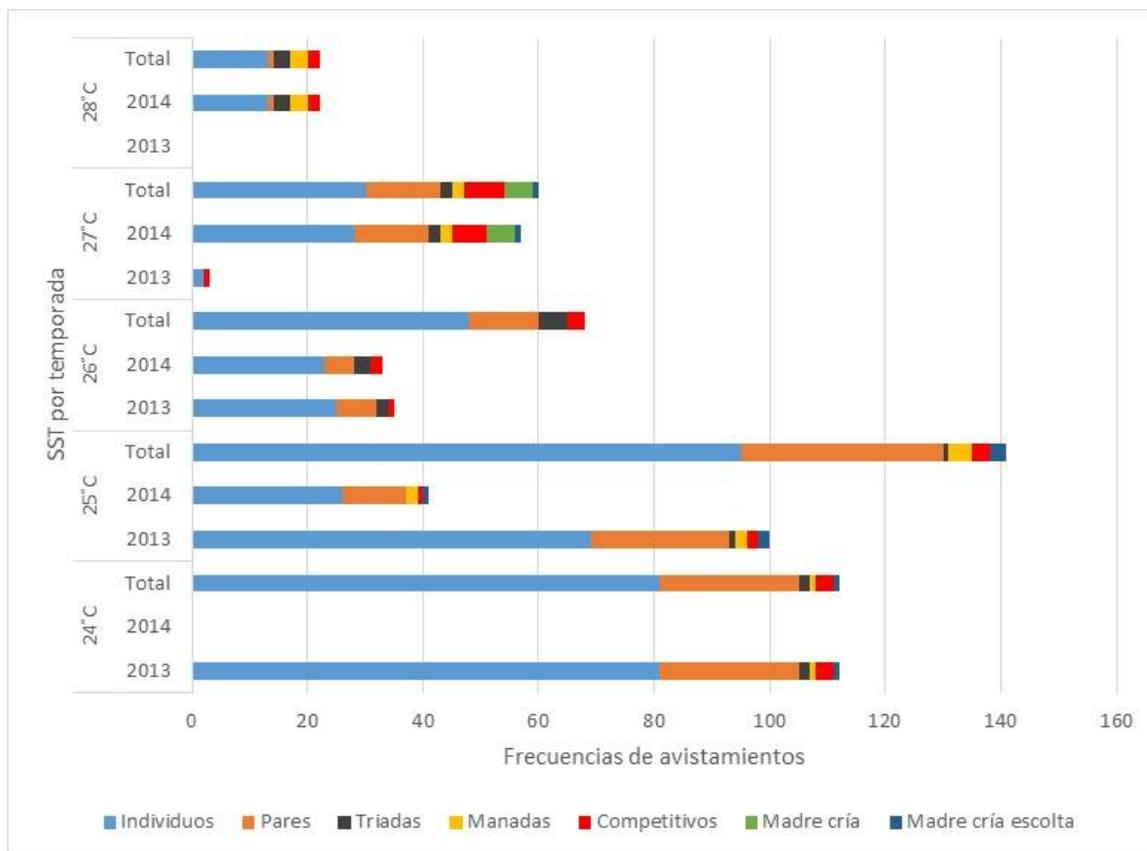


Gráfico 3: Frecuencias de avistamiento de comportamientos de actividad superficial (sa) y viaje (tr) por cada nivel de temperatura registrado en 2013 y 2014. La mayoría de eventos sa (34%) ocurrieron a 24°C de SST mientras que la mayoría de eventos tr (39%) ocurrieron a 25°C. Las diferencias en distribución de sa y tr en 2013 fueron significativas, pero no en 2014.



**Gráfico 4:** Frecuencias de avistamientos de *cues* de comportamiento dentro de cada nivel de SST. La relación entre la SST y el avistamiento de *cues* fue significativa para el total y para la temporada de 2013.



*Gráfico 5:* Frecuencias de avistamientos de las diferentes estructuras de grupo dentro de cada nivel de SST. La relación entre la SST y la distribución de las estructuras fue significativa para el total y para la temporada de 2014. En 2013 se encontraron 3 crías (2 solitarias y un grupo “Madre-cría-escolta”) en una zona de 24°C y 2 grupos “Madre-cría-escolta” en una zona de 25°C. En 2014 se encontraron 2 crías en una zona de 25°C (una “Manada con cría” y un grupo “Madre-cría-escolta”) y 7 crías en la zona de 27°C (En 1 grupo “Madre-cría-escolta”, 1 en una “Manada con cría” y 5 Madres con cría). Para más información, ver Figuras 5 y 6