



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias de la Vida

“Implementación de un sistema satelital y acústico para el estudio de la variación espacio – temporal del bufeo costero *Tursiops truncatus*, en el Golfo de Guayaquil”.

INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR

Previa a la obtención del Título de:

Biólogo

Christian Oswaldo Albán Cabezas

Kael André Sellán Moncayo

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2017

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por otorgarme la dicha de tener una familia que de una u otra manera aportó con su granito de arena durante el trayecto de mi vida estudiantil.

A la ESPOL por todas las experiencias que me permitió vivir durante esta importantísima etapa de mi vida, por las personas, colegas y amigos que deja.

A mis politécnicos favoritos: Andrea y Joel, sin ellos no estuviera aquí.

A Angy, Karem, Marissa, Kevin, Christian y todos los compañeros con los que tuve la oportunidad de compartir el estrés, risas, amanecidas, viajes, fiestas y lecciones.

Kael

En primer lugar, quiero agradecer de una manera sincera y especial a mis padres, pilar fundamental de mi vida a quienes debo todo lo que soy y llegaré a ser algún día, todo el esfuerzo, paciencia y apoyo brindado durante estos años de educación me permitieron culminar con éxitos esta grandiosa etapa universitaria.

De todo corazón a Marissa Bermeo, mi compañera de vida, aula y viaje, con quien he compartido los mejores momentos de mi vida y que me ha llenado de tanto orgullo y felicidad.

A Miguel Pinto de quien he aprendido tanto, un grandioso maestro, verdadero amigo y mentor, por todo ese apoyo desinteresado que me ha brindado en estos últimos años, quien ha incentivado y desarrollado en mí, un extraordinario potencial como investigador y ser humano.

A mi amada mascota, Pupo por la leal e incondicional compañía.

Christian

DEDICATORIA

El presente proyecto está dedicado a la memoria de Shara Gregoria de las Mercedes Jaramillo Wolf. Estoy seguro que desde el cielo me miras con orgullo, siempre me proteges y sigues cuidando de mí.

A Susana Moncayo, mi mamá, que aún en sus días más difíciles siempre ha estado pendiente de mi bienestar, brindándome su amor y cariño, preocupándose cada día de que sea una mejor persona. Te amo, esto por y para ti.

Kael

Dedico este trabajo a todo aquello que hizo posible mi existencia, a nuestro único hogar conocido, el planeta Tierra, quien me ha prestado un poco de su materia para componer mi organismo y constituir el escenario donde desarrollo mi vida a diario; a nuestro astro rey, el sol, quien sustenta con su energía a casi toda la vida en la Tierra incluyendo la mía; a la serie de eventos, sucesos y casualidades a lo largo del tiempo-espacio que permitieron el aparecimiento y evolución de la vida en la Tierra; y por último a todas las generaciones de las miles de formas de vida que han precedido mi existencia, que, con sus decisiones de supervivencia a lo largo de la historia evolutiva del planeta, desencadenaron el aparecimiento de nuestra especie (para bien o para mal) y tarde o temprano el surgimiento (no solicitado y sin consentimiento) de mi persona.

Christian

EVALUADOR DEL PROYECTO

Msc. César Bedoya

.....
Profesor Materia Integradora

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, me (nos) corresponde exclusivamente; y doy (damos) mi (nuestro) consentimiento para que la ESPOLE realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

Christian Oswaldo Albán C.

Kael André Sellán M.

.....

.....

RESUMEN

El delfín nariz de botella, bufeo o tonina (*Tursiops truncatus*), es un cetáceo que habita en toda la costa oeste del Pacífico Sudamericano, en Ecuador se distribuye a largo de la región costera y en aguas abiertas. En la zona del Golfo de Guayaquil, existe una pequeña población residente que habita durante todo el año el canal del Morro, especialmente en el área protegida, Refugio de Vida Silvestre “Manglares el Morro”, lastimosamente la población enfrenta una variedad de amenazas antropogénicas: el crecimiento no regulado de actividades turísticas, la contaminación del estuario, el tráfico marítimo, el desarrollo de pesquerías y la degradación de su hábitat han provocado una disminución del 51% de su población en la última década, por ello, constituye una de las poblaciones más vulnerables y frágiles del Golfo de Guayaquil, incluida en la lista roja de mamíferos. A partir de la década de los 90, esta población ha sido objeto de investigación por especialistas, la mayoría de estudios en la zona han sido basadas en observaciones de campo y foto identificación, limitándose la cantidad de información accesible a registros ocasionales y no sistematizados. El uso de tecnología acústica y satelital para el estudio de fauna marina hace posible acceder una mayor cantidad de información valiosa, permitiendo observar los desplazamientos de larga distancia de animales y su relación en diferentes escalas temporales y ecológicas con los procesos oceánicos. Por consiguiente, el objetivo de este trabajo es implementar un sistema acústico-satelital en la zona del Canal del Morro para el estudio espacio-temporal del bufeo *T. truncatus*. A través de una revisión bibliográfica se compararon los diferentes sistemas de monitorización utilizados en estudios recientes de *Tursiops truncatus*, y considerándose la aplicabilidad de estos equipos en las condiciones ambientales del Canal del Morro y Golfo de Guayaquil. Consideramos que el uso de un sistema ARGOS de posicionamiento global es el más adecuado para la zona para determinar la distribución espacial de los individuos etiquetados a lo largo del año, se

recomienda la utilización de una etiqueta de tipo SPOT modificada para su adhesión con ventosas en la aleta dorsal, como una opción menos invasiva. Para la captura de audio, recomendamos la utilización de un hidrófono RESON TC 4013 mediante una técnica de suspensión y arrastre por una embarcación, para la obtención de espectrogramas de audio y detectar cambios o patrones en las emisiones sonoras de la población a lo largo del año.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
EVALUADOR DEL PROYECTO.....	v
RESUMEN.....	vii
ÍNDICE GENERAL	9
INTRODUCCIÓN.....	11
DECLARACIÓN DE OBJETIVOS:	14
GENERAL.....	14
ESPECÍFICOS	14
CAPÍTULO 1.....	15
INFORMACIÓN GENERAL.....	15
Odontocetos	15
Monitoreo de mamíferos marinos	17
Dispositivos de monitoreo.....	17
Tipos de dispositivos	18
TÉCNICAS DE MONITOREO	20
Fotoidentificación.....	20
Telemetría	20
Tipos de telemetría:	21
Dispositivos de monitoreo satelital	22
CAPÍTULO 2.....	24
MATERIALES Y MÉTODOS	24
Área de estudio.....	24
Selección de etiquetas satelitales	25
Captura de delfines.....	26
Etiquetado	28
Liberación	29
CAPÍTULO 3.....	30

RESULTADOS ESPERADOS	30
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33
Conclusiones.....	33
Recomendaciones.....	33
BIBLIOGRAFÍA.....	34

INTRODUCCIÓN

Actualmente se reconoce que los mamíferos marinos no pertenecen a un grupo filogenético específico, sino más bien al grupo de animales que se cree, han tenido un antepasado terrestre y experimentado adaptaciones estructurales y de comportamiento para la vida acuática y, tras desarrollar ciertas características físicas, regresaron a habitar el ambiente marino [1].

Dentro de este grupo de animales los más representativos son: los cetáceos (donde encontramos a delfines, ballenas y marsopas) y pinnípedos (focas, leones marinos y morsas), los no tan populares sirenios, (manatíes, dugongos y vacas marinas), además de nutrias marinas y el oso polar [1]. Tanto los pinnípedos, nutrias y oso polar pertenecen al orden carnívora. Además del tipo de alimentación que comparten, estos tres grupos de animales, viven por un periodo de tiempo en tierra o en el hielo marino, por lo general mientras son jóvenes, y luego se desarrollan y alimentan en el mar [2] mientras que cetáceos y sirenios pasan toda su vida bajo el agua [3].

De todos los mamíferos marinos, los cetáceos y pinnípedos son probablemente los grupos más conocidos gracias a los zoológicos, acuarios, series y programas de televisión [1].

Los cetáceos son animales de gran tamaño, que volvieron al agua hace aproximadamente 50 millones de años. Su cuerpo está adaptado a su estilo de vida; fusiforme y desprovisto de pelo, con orificios sobre la cabeza que cumplen el rol de fosas nasales, extremidades transformadas en aletas y órganos modificados [4].

Hoy en día se reconoce a los cetáceos como un grupo monofilético (que vienen de un ancestro en común) de alrededor de 81 especies, divididos en 14 familias y 2 subórdenes: los cetáceos con dientes (Odontoceti) y los cetáceos con barbas (Mysticeti) [5]. Al primer grupo pertenecen los delfines, marsopas, cachalotes, mientras que en el segundo están las ballenas francas, los rorcuales y la ballena gris.

Este orden de mamíferos marinos está distribuido a lo largo de todo el mundo, aunque cada especie tiene sus preferencias de hábitats [1]. Con excepción del Mar Caspio, podemos encontrarlos en cualquier superficie marina en el mundo, desde los polos hasta los trópicos, cerca de la orilla, a 2000m de profundidad y hasta en varios ríos; ya que ocupan un amplio intervalo de

niveles tróficos pudiendo ser forrajeadores del zooplancton hasta depredadores de la zona superficial y abisal [6].

El amplio rango de zonas de distribución en el que los encontramos les permite comunicarse en frecuencias moderadamente altas, (entre 1-20 kHz) y algunas especies han desarrollado sistemas de ecolocalización que operan en frecuencias mucho mayores (20-150 kHz). Esta diferencia se debe a que las condiciones de transmisión varían entre las zonas cercanas a la costa de aquellas de aguas más profundas [2].

A pesar de que encontremos a los cetáceos en casi todos los ecosistemas marinos, estos individuos ven influenciados sus movimientos, hábitad y distribución por factores ambientales, en especial la abundancia y distribución de alimentos. La profundidad y salinidad del agua, topografía del suelo, temperatura y velocidad de corrientes además de zonas de apareamiento y crianza, son otros de los elementos que [7]. Por este motivo los estudios que se realizan en ellos están principalmente enfocados a su ecología, ya sea a nivel de individuo, orientados al comportamiento social, alimenticio y reproductor; o de población, donde se centran en los factores que influyen su escasez y abundancia en el espacio y tiempo [8]

Entre los cetáceos con dientes, odontocetos, se encuentra el *Tursiops truncatus*, conocido por su nombre vulgar como delfín nariz de botella o mular, que posee una distribución cosmopolita y es posiblemente el mamífero marino más estudiado a nivel mundial. De esta especie se reconocen al menos dos ecotipos, uno oceánico y otro costero. Los costeros viven en una compleja sociedad de fisión-fusión en territorios bien definidos donde se puede referir a sus agrupaciones sociales como con el término de “comunidad”.

En el Ecuador los mamíferos acuáticos representan el 6,8% del total de mamíferos conocidos. Se encuentran registradas 33 especies, distribuidas entre los órdenes: Sirenia (1), Carnivora (3) y Cetacea (29) [9]. *T. truncatus* está presente en sus dos ecotipos [10]. Lo encontramos en aguas estuarinas, costeras, continentales, oceánicas e insulares del país. Se conoce de la existencia de población catalogada como residente en la zona interior del Golfo de Guayaquil, poblaciones regulares cercanas a la costa del Parque Nacional Machalilla y en el estuario de Cojimíes. En la Región Insular, su presencia se da al sur de Isabela y en Wolf [11]. Además de comunidades ocasionales en la Puntilla de Santa Elena [12]

La población más estudiada en el país la del Golfo de Guayaquil. Las condiciones favorables de la zona permiten la presencia de una población estudiada desde los 90's y hasta la actualidad por unos pocos investigadores. Desde aquel entonces se estimó una población de 637 individuos en toda la zona, establecidos en 5 comunidades de aproximadamente 115 individuos, dispersas en diferentes sectores. De estas 5 comunidades, se estableció que 3 son residentes y 2 temporales, además de que en ocasiones pueden interactuar entre ellas. Cada comunidad se compone por individuos de tres clases de edades: adultos, juveniles y crías; y se forman grupos combinando las edades.[13]–[17].

Los estudios previos de esta especie se están basados en la fotoidentificación [13]–[15]. El deterioro de la zona que habitan, impactos con embarcaciones y pérdida de hábitat, ha generado una grave disminución de las comunidades en los últimos años [13], por lo que es de vital importancia mejorar las técnicas utilizadas para evaluar a esta especie y poder generar políticas que mejoren su manejo y conservación.

Entre las posibles técnicas está la telemetría. La telemetría es el proceso de obtención de información específica gracias a equipos instalados en animales. En cetáceos se coloca un transmisor en la aleta dorsal (en marsopas, delfines mulares y en orcas) o en la grasa (ballena yubarta, franca y azul). Para estudios de comportamiento a corto plazo, se pueden adosar transmisores a la piel con ventosas. Estos equipos pueden acumular la información, de manera que a posteriori se tiene que recuperar, o la pueden transmitir a un equipo receptor vía satélite [18].



Ilustración 1 Ejemplares de *T. truncatus* desplazándose en la zona de Posorja, Golfo de Guayaquil, cerca de embarcaciones pesqueras. Fotografía de Kael Sellán

DECLARACIÓN DE OBJETIVOS:

GENERAL

Diseñar un sistema satelital y acústico viable para el monitoreo de *Tursiops truncatus* en el Golfo de Guayaquil.

ESPECÍFICOS

- Evaluar las técnicas y sistemas de monitoreo disponibles en el mercado
- Seleccionar un sistema de monitoreo acústico y satelital más adecuado para el estudio de distribución de *Tursiops truncatus* en el Golfo de Guayaquil.
- Diseñar una etiqueta de rastreo satelital no invasiva.
- Establecer posibles usos ecológicos, espaciales y temporales de la información obtenida por el sistema acústico satelital propuesto.

CAPÍTULO 1

INFORMACIÓN GENERAL

Odontocetos

Los odontocetos, cetáceos con dientes, evolucionaron diversificando sus hábitos alimenticios. En su cráneo se presentan los huesos premaxilar y maxilar alargados con filas de dientes puntiagudos y poco diferenciados para atrapar presas. En el espacio que se forma entre el orificio nasal y el extremo maxilar de su rostro cóncavo han desarrollado el melón, órgano graso por el cual emiten sonidos de ecubicación y que también puede estar relacionado con funciones de buceo [6]

Uno de los odontocetos más representativos es el *Tursiops truncatus*, debido a su amplia distribución es considerado cosmopolita, pues a excepción de las zonas polares está presente en todos los mares y océanos. Adapta su alimentación, comportamiento y estructura social según las condiciones de la zona que habite[19]. Debido a pequeñas diferencias en aspectos morfológicos, dieta y hábitat, de esta especie se reconocen dos morfotipos, uno costero y oceánico. Para diferenciarlos se requiere de un conocimiento más profundo, aunque los oceánicos suelen encontrarse en grupos bastante grandes[10].

En promedio alcanzan los 3 metros de longitud, siendo los machos un poco más grandes que las hembras. De color gris oscuro a lo largo del lomo, flancos grisaseos que se van aclarando hacia el vientre que presenta una tonalidad blanca. Los adultos alcanzan pesos de entre 140 y 275kg, mientras que las crías, que al nacer están entre los 0.9 y 1.2m, pesan entre 12 y 25kg [10], [20].

La madurez sexual se alcanza en a diferentes edades. Las hembras la alcanzan entre los 5 y 10 años. Por su parte en los machos se da entre los 8 y 10 años. El periodo de gestación dura 12 meses, mientras que la lactancia puede extenderse hasta los 36 meses [10], [19], [21].

Poseen una dentadura prevista de entre 18 y 26 piezas en cada rama mandibular y maxilar. El diámetro de sus dientes está entre los 5 y 10 mm y estos son grandes cónicos y lisos. Su alimentación es nerítica, y aunque varía

dependiendo de la zona en la que se encuentren, esta se basa en peces, pequeños crustáceos y cefalópodos.

En general se considera que el ecotipo costero forma grupos de individuos muchos más pequeños que los formados por la forma pelágica, aunque estos pueden tener variaciones. Las agrupaciones pueden ser de entre 2 y 25 animales, aunque existen reportes de grupos de un cientos y miles de individuos [10].

La población de delfines nariz de botella que habita que el estuario del Golfo de Guayaquil ha sufrido un declive en de poco más del 50% en los últimos años donde la captura incidental y colisiones con los barcos son posiblemente el mayor problema al que se enfrentan.

Las cicatrices que presentan los ejemplares de estas comunidades se deben en su mayoría a impactos con embarcaciones e interacciones con las artes de pesquería artesanal e industrial de la zona, tráfico de embarcaciones relacionadas con acuicultura y actividades de turismo[17].

La interacción con los humanos no solo es causante de cicatrices en el cuerpo de los delfines. El incremento de las actividades antropogénicas en la zona, debido a los asentamientos humanos trae consigo incremento de perjuicios ecológicos a esta especie.

La captura incidental debido al incremento de esfuerzo pesquero en la zona del Morro incrementa la pesca ilegal de este recurso. El crecimiento ilegal de actividades relacionadas con el turismo conlleva a cambios de comportamiento. La pérdida de bosques de manglar ya sea por: la industria camaronera, extracción de tierra para formar canales de tráfico marítimo o asentamientos, afecta la su ecología ya que usan estas zonas como sitios de alimentación, reproducción y cuidado [13].

Además de lo anterior, la contaminación química del Estuario dada por las descargas urbanas e industriales provoca la acumulación de metales pesados, hidrocarburos, pesticidas, contaminantes orgánicos persistentes, puede generar bioacumulación en la cadena alimenticia de delfines afectando su salud. Por su parte la contaminación biológica generada por patógenos provenientes de descargas de camaroneras trae consigo la aparición de enfermedades infecciosas a los delfines relacionadas a bacterias y hongos [13]. Es probable que a través de los sonidos que reciben en su entorno, es decir del ambiente con sonidos naturales y antropogénicos y de otros

miembros de sus especies, los mamíferos marinos sean capaces de comprender el panorama que los rodea con mucha facilidad [2].

Monitoreo de mamíferos marinos

La realización de estudios sobre mamíferos marinos representa un gran desafío para los científicos, presentan adaptaciones especiales para hacer frente a un ambiente marino hostil, algunas especies deben presentar características únicas que les permitan sobrevivir a condiciones ambientales extremas como altas presiones, variaciones de salinidad, altas y bajas temperaturas, entre otras [22]. A pesar de los avances tecnológicos, resulta sorprendente lo poco que se ha llegado a conocer sobre aspectos ecológicos y biológicos de los mamíferos marinos, esto se debe a una distribución irregular a lo largo del mundo, una baja abundancia en el mar, y el establecimiento de colonias muy localizadas en lugares inhóspitos o de difícil acceso. Incluso algunos aspectos biológicos característicos de algunas especies de gran tamaño como las ballenas, requieren de una gran movilidad a lo largo del mundo, desde los sitios de reproducción y cría en los trópicos hasta sitios de alimentación en los polos [23].

La implementación de un monitoreo ecológico puede realizarse a nivel de individuo, población, ecosistema, biogeográfico o genético, se origina por motivos de investigación para entender cómo funciona el entorno, la obtención de datos valiosos sobre la fauna silvestre permiten el entendimiento de los complejos procesos que se llevan a cabo en el medio marino, y evaluar el estado actual del ambiente, los cambios con el tiempo, y la estructura del ecosistema, aportando información útil para la solución de problemas de manejo y conservación de recursos[23].

Dispositivos de monitoreo

El rastreo de fauna silvestre se ha realizado durante más de medio siglo, con diversos propósitos y con el paso del tiempo el rápido avance tecnológico y la disminución de costos de producción la han convertido en una actividad cada vez más accesible [24]. En el mercado existen distintos dispositivos con una

composición básica de varios sensores que determinan condiciones de temperatura, salinidad, presión, profundidad, conductividad, posición, etc., gracias a ello, es posible conocer aspectos ecológicos y biológicos a lo largo del tiempo y espacio, en el caso de la fauna marina es posible determinar las conductas de forrajeo, inmersión, buceo y movilidad e incluso relacionarlas con condiciones oceanográficas [25].

Muchos de estos dispositivos son de carácter no invasivos, unidos a la piel del animal, o naturalmente caen cuando el animal muda y documentan comportamiento del animal en el contexto de su ambiente, sin embargo, también representan una desventaja, ya que muchos de estos dispositivos generan un coste energético en los animales en estudio, ya que pueden alterar su conducta normal en su hábitat natural; por ejemplo, muchos animales requieren de rapidez y acelerar rápidamente para capturar a sus presas, o huir de depredadores, estos dispositivos generan un arrastre o pérdida de su forma hidrodinámica, lo cual implica una alteración en alguna forma los datos esperados en el estudio de los propios científicos [26].

Tipos de dispositivos

Etiquetas electrónicas

Las etiquetas electrónicas constan de diferentes formas, tamaños de dispositivos, que constan básicamente en grabadoras que guardan información indefinidamente y que transfieren esa información registrada a través de satélites hacia los investigadores. En general, las etiquetas tarde o temprano se liberan de los animales después de cierto periodo o pueden ser recuperadas en operaciones de marcaje y recaptura [27].

Registadores de datos digitales multicanales recuperables (dataloggers)

Son dispositivos de poco tamaño que son adheridos o implantados en alguna zona de los animales, estos se encargan de recoger y almacenan datos de su entorno mediante algunos sensores brindando información sobre su comportamiento como sonidos emitidos, velocidad de natación, frecuencia cardíaca, temperatura corporal, profundidad, temperatura del agua, intensidad de luz, entre otros. Presentan una serie de ventajas, el almacenamiento de información consume menos energía en la transmisión de información, lo que

implica que la batería tenga una mayor duración y almacenar una mayor cantidad de información, sin embargo, presenta la imposibilidad de recuperar algunos dispositivos, y el inconveniente de no obtenerse datos en tiempo real [28].

Transmisores de radiofrecuencia

Los transmisores de radiofrecuencia VHF (Very High Frequency) son dispositivos que constan de una antena de radio que emite una señal de radio en una frecuencia específica hacia un receptor, que permite la localización de los animales mediante triangulación. Requiere de dos dispositivos: un transmisor que se adhiere al individuo y enviará una señal periódica en una frecuencia específica asignada a un código o número de serie único, y un receptor que puede ser instalado en el entorno el cual recibirá la señal de radio y permitirá localizarlo. La vida útil del dispositivo depende de cadencia de los transmisores y la capacidad de la pila pudiendo funcionar desde varios días hasta años [28].

Transmisores con GPS y comunicaciones por satélite

Son transmisores similares a los de radiofrecuencia, cuentan con sistemas de comunicación satelital y de localización GPS a través de una antena, al ser adheridos a las superficie del animal esta únicamente puede enviar la señal de posicionamiento al satélite cuando esta se encuentra en la superficie por ello únicamente puede utilizarse este tipo de dispositivos en especies de tamaño mediano a grande con hábitos cercanos a la superficies como tortugas, ballenas, delfines, pinnípedos e incluso ciertas especies de tiburones [29].

Etiquetas acústicas

Son dispositivos similares a los dataloggers con un sistema similar a los dispositivos de radiofrecuencia, sin embargo esta tecnología utiliza de un transmisor portado por un individuo que emite de una manera periódica una señal sonora o acústica en una frecuencia determinada por el usuario, la cual es captada por receptores instalados en la proximidades que permiten localizar al animal, el tamaño es muy pequeño que puede ser colocado en animales pequeños como peces, aunque solamente se puede captar su señal hasta 200 metros. La recepción de la señal emitida debe ser captada por hidrófonos colocados en puntos estratégicos o cableados como estaciones de recepción, y para descargar la información se requiere acudir a la estación y descargar los datos registrados [30].

Hidrófonos

Los hidrófonos son un instrumento de detección remota de emisiones sonoras en el agua, sin necesidad que exista un contacto con el animal, se utilizan para estudiar los cantos de las ballenas, la contaminación acústica, señales de ecolocalización, detectar la presencia de cetáceos, entre otros [28].

TÉCNICAS DE MONITOREO

Fotoidentificación

Depende de imágenes fotografías de los animales o algunas zonas específicas de ellos para la identificación de individuos mediante ciertos patrones o características únicas como cicatrices, forma, color; etc. Estos datos de foto identificación proporcionan información sobre patrones de residencia y distribución. En el caso de la fauna marina, estudiar aspectos de su ecología y comportamiento mediante métodos de observación visual presenta varias desventajas, muchos de estos animales únicamente el 5% de su tiempo pasan en la superficie, habitan zonas remotas de difícil acceso, y debido a estas limitaciones se ha requerido del uso de otras técnicas y dispositivos tecnológicos [10].

Telemetría

La telemetría permite la obtención de datos de movimientos, comportamiento, estructura poblacional y de la recuperación de poblaciones, se define como el conjunto de técnicas para la medición a distancia de magnitudes físicas, basado en la emisión y recepción de ondas electromagnéticas, como de radio, tanto por aire como en agua. La telemetría presenta ciertas características que la convierten en una técnica con mayor utilidad que otras como: proveer información sobre el uso del hábitat, distribución, etc. La telemetría ha sido esencial para comprender: el comportamiento migratorio, ecología de forrajeo, parámetros de historia de vida, estado reproductivo y fisiológico de especies terrestres acuáticas y aéreas, mediante la recolección de datos remotos; proporcionados por la colocación de etiquetas, o "tags", en los animales [23]. Esta técnica puede ser usada como herramienta para integrar la investigación interdisciplinaria (ambiental, ecológica, estadística, manejo de recursos) y

comprender la interacción humano-ambiente-animal . Además ha sido muy utilizada para estudios de movimiento, comportamiento alimenticio y supervivencia en mamíferos marinos, en especial cetáceos [8], aunque se ha comprobado que en aquellos que tienen periodos cortos de buceo y pasan más tiempo en la superficie (como leones y focas marinas), estos estudios son más exactos [30]. Un estudio estándar que se use telemetría puede dividirse en: adquirir el equipo, capturar y marcar animales exitosamente, coleccionar datos satisfactorios, análisis de resultados [31].

Tipos de telemetría:

Radiotelemetría por tierra o agua: Utiliza ondas de radio de muy alta frecuencia (VHF), que son emitidas por un transmisor mediante pulsos periódicos, esta señal es detectada por receptor portátil para determinar la ubicación del animal mediante triangulación. Presenta algunas limitaciones, su utilización depende de la topografía del terreno en el área de estudio, ya que las ondas de radio de estos sistemas son de corto alcance, pueden rebotar en algunos accidentes geográficos como montañas cercanas, o el animal encontrarse oculto en vegetación densa, madrigueras, cuevas; etc. Imposibilitándose su localización , sin embargo, la batería que se utiliza es de baja potencia y es relativamente barato el sistema completo. El uso de los hidrófonos puede considerarse dentro de esta categoría ya que se recibe una señal sonora remota con un hidrófono como receptor acuático [32].

Telemetría por GPS: La telemetría por sistema de posicionamiento global, se basa en la recepción de la señal GPS enviada por varios satélites, un transmisor debe ser colocado en una zona expuesta del animal, que mediante triangulación por una computadora interna del dispositivo, calcula la posición geográfica y esta información se almacena en la memoria del dispositivo junto a otras variables como la hora, temperatura, etc; por ello se necesita recuperar los datos guardados recapturando al animal para recuperar el transmisor, pero los avances de la tecnología han permitido el desarrollo de dispositivos que envían la información directamente a una computadora portátil o a la central de la empresa [33].

Telemetría satelital PTT: conocida como Terminales de Plataforma (PTT); mediante un satélite geoestacionario se calcula la posición del animal etiquetado, se recibe esta información de manera periódica a la computadora del usuario, pagina web o correo electrónico, por ello este sistema utiliza una

señal de Ultra Alta Frecuencia (UHF). Entre las ventajas se encuentra la obtención de datos sin necesidad de que el investigador se encuentre presente en la recolección, la reducción del tamaño de los dispositivos de transmisión, disponen de una memoria de alta capacidad, se han desarrollado softwares precisos para el análisis de datos, e inclusive es posible realizar más de un solo tipo de estudio con la misma etiqueta [26].

Dispositivos de monitoreo satelital

Para el estudio de movilidad y distribución de cetáceos se requiere el uso de dispositivos que incluyan tecnología de posicionamiento global (GPS) y de transmisión de datos por satélite. Estos transmisores se clasifican en PATS o PSAT y tipo SPOT, estos son fabricados por empresas especializadas en el monitoreo de fauna silvestre como: Lotek, Sirtrack, Biotrack, Wildlife Computers, etc.

Transmisores de tipo SPOT: Envían posiciones en tiempo real, requieren ser adheridos o anclados al animal en varios puntos ya que se es necesario mantenerlo fijo en la aleta del animal, por ello se debe colocar en la zona dorsal, caparazón, aletas; etc, con el fin de que la antena se mantenga vertical y pueda posicionar al animal cuando este se encuentre en la superficie. Generalmente el Spot, se ancla con tornillos inox, en la aleta dorsal donde se practican varios orificios en el cartílago con metacrilato, se acomodan con argollas de goma, y tuercas anti retroceso [34].

Transmisores tipo PATs: Estos transmisores funcionan de manera similar a los SPOTs, sin embargo, constan de una mayor cantidad de sensores, los cuales recogen información como temperatura, profundidad, posición, intensidad lumínica, etc. Es recomendable su uso en animales que se mantienen sumergidos la mayor parte de su tiempo (tiburones), y una vez que se encuentre en la superficie envía toda la información registrada al satélite. Su colocación requiere de una perforación con taladro en la aleta, donde se introduce un cable que soportará el transmisor. También, estos dispositivos pueden ser programados para liberarse del cable, permitiéndole flotar y enviar la información al satélite desde la superficie [35].

Problemas que esta tecnología puede ocasionar en los cetáceos.

Los sensores remotos y los transmisores son dispositivos poderosos para estudiar los cetáceos en el mar. Sin embargo, a pesar de los progresos sustanciales en la microelectrónica y la miniaturización de los sistemas, las etiquetas para delfines están diseñadas imperfectamente; La resistencia adicional de las etiquetas aumentan los costos de nadar, compromete la capacidad de nadar y la maniobrabilidad, y conduce a cargas adicionales en el tejido del animal. Esto tiene efectos negativos sobre la eficacia del forrajeo y tienen graves consecuencias para la evasión de los depredadores. Las cargas adicionales en los tejidos de la aleta dorsal pueden resultar en necrosis y pérdida prematura de las etiquetas debido al desgarramiento de los tejidos [36].

Además, el uso de estos sistemas se encuentra limitado en algunos aspectos, en primer lugar, los señales emitidos son de alta frecuencia y se atenúan muy rápidamente en agua salada, de manera que sólo es posible recibir señales en superficie; en segundo lugar, las señales acústicas viajan más por el agua que por el aire, pero se suelen superponer con el rango audible de los cetáceos; y, por último, la energía que requieren es muy grande. Las ventajas son la habilidad para aportar la información en tiempo real, pueden dar en pocas horas, y analizar la información desde un centro de trabajo [26].

CAPÍTULO 2

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio.

El Golfo de Guayaquil es el más grande ecosistema estuarino de la costa del Pacífico Sudamericano (Figura 2). Ubicado al suroeste del Ecuador, centrado entre los 3°S 80°55"W, posee una entrada de unos 204km de ancho de norte a sur a lo largo de meridiano 81°W y se extiende unos 130km hacia tierra. Consta de una extensión de 12000km² y se compone de manera natural de un estuario interior y otro exterior. El exterior va desde la parte occidental de la Isla Puna y termina en la longitud de los 81°W; mientras que el interior, conocido como el estuario del río Guayas, se extiende desde la costa nordeste de la isla Puná hasta unos 74km hacia tierra. El norte del estuario está compuesto por los dos cuerpos de agua más importantes de la ciudad de Guayaquil que crecen en forma paralela: El Estero Salado y el Río Guayas. [14], [16], [37], [38].

Entre el Estero Salado y el Río Guayas se encuentran una gran cantidad de islas parcial o totalmente cubiertas de manglar por lo que abarca cerca del 81% del total de zonas de manglar del Ecuador [13], [16].

El Golfo cuenta con 2 estaciones de precipitación bien marcas. Entre enero y mayo encontramos la estación lluviosa, en la que se presenta más de 95% de las precipitaciones anuales y la temperatura esta entre los 25°C y 28°C; mientras que en la época fría y seca, apenas se tiene el 2% de la precipitación anual y la temperatura superficial del agua está entre 21°C y 25°C. Esta drástica variación de precipitaciones genera cambios significativos en la salinidad, productividad primaria, nutrientes y en menor medida el ph del estuario [14], [16].

Además de las estaciones lluviosas, el hecho de que la región oceánica del Ecuador es una zona de transición de masas de agua tropical y subtropical en la que se mezclan la corriente cálida de Panamá con la fría de Humbolt influye directamente en la ecología de sus costas. En la zona del Golfo el flujo estacional llega a provocar estratificaciones de temperatura y salinidad, así como afloramiento de aguas nutritivas e incremento de productividad biológica en diferentes épocas del año. El incremento anormal de la temperatura del

agua asociado con el Fenómeno del Niño, cada cierto tiempo, es otra de las causas de la variación de los parámetros físicos, químicos y biológicos del Estuario [38].

La circulación de agua del Golfo se ve influenciado por los rangos de marea semidiurna. Cerca de los límites del Golfo la marea tiene una tiene un rango promedio de 1.8m y cuanto más se acerca al estuario interno oscila entre 2.6 y 3.5m con una corriente de aproximadamente 4 nudos [14], [38]. Por otro lado la profundidad a través del Golfo es de aproximadamente 183m y se va reduciendo conforme se acerca al estuario hasta alcanzar unos 18m, a excepción de las zonas correspondientes a los canales del Morro y Jambelí que poseen una profundidad promedio de 56 y 22m respectivamente, aunque la entrada que conduce al Canal de Jambelí es de unos 37m [37] y la del Río Guayas que alcanza una profundidad de 9m [13].



Ilustración 2 Mapa de la zona de estudio. Elaborado por autores

Selección de etiquetas satelitales

Para estudios de movilidad y desplazamiento 2-D se recomienda el uso de etiquetas SPOT, si bien presenta limitaciones, frente a las etiquetas PATs, la información provista por esta última, resulta irrelevante para un estudio en una zona poco profunda como el estuario del Golfo de Guayaquil, y por características ecológicas de la especie de interés. Wells et, al, 2017, en un estudio de seguimiento para *Turciops truncatus* en el Golfo de México, utiliza

etiquetas SPOT modificadas producidas por Wildlife computers con un tamaño de 2 cm de ancho, 2.5 de alto y 8.5 cm de largo, un peso de 54 g y con una antena flexible de 18 cm de largo. de 2011 a 2014 obteniendo excelentes resultados.

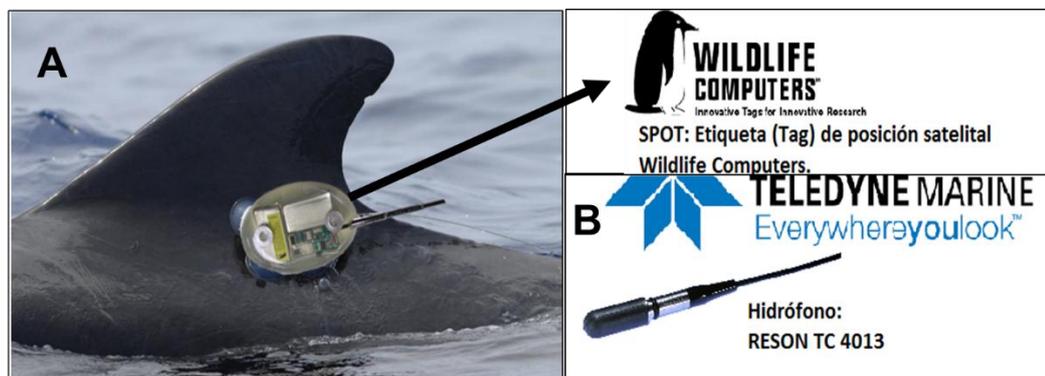


Ilustración 3 Dispositivos utilizados en estudios de *T. truncatus*. A) SPOT TAG utilizado por Wells, 2017. Etiqueta modificada por los autores para adherirse con ventosas. B) Hidrófono utilizado por Noren, 2017.

Captura de delfines

LA National Ocean Service of the National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA) de los Estados Unidos desarrolló un reporte sobre el protocolo a desarrollarse para la captura de *Tursiops truncatus* con fines de investigación.[39]. El procedimiento de captura y muestreo depende de muchos factores, requiere ser preparada con anticipación, disponer de equipamiento especializado, un equipo de trabajo con una amplia gama de capacidades, conocimientos especializados en ambientes marinos y una infraestructura logística adecuada. De acuerdo al reporte, se requiere de un mínimo de 7 botes pequeños con capacidad de transportar a un personal con una amplia gama de capacidades y equipos necesarios. El bote de captura requiere de una tripulación de 3 a 5 tripulantes, contar con una aceleración rápida y despliegue de la red de forma segura y eficaz.

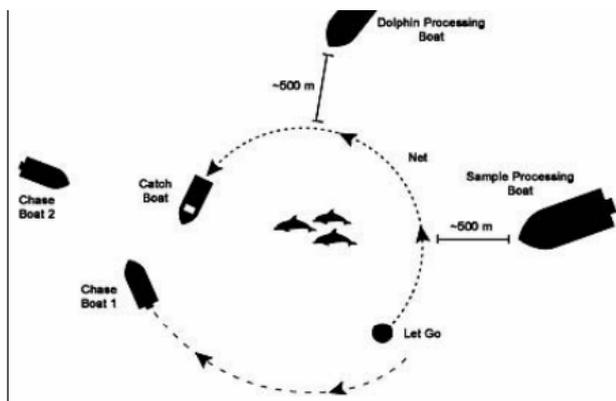


Ilustración 4 Esquema gráfico de la posición de los botes y maniobras relacionadas para el arrinconamiento de los animales. Tomado de NOAA 2006.

Para las operaciones de campo, se requiere detectar la presencia de delfines con binoculares en una zona poco profunda y aguas calmadas mediante fotoidentificación determinar información como tamaño del grupo, edad aproximada, sexo y si es posible, miembros del grupo. Una vez localizados, la embarcación de captura debe dirigirse al sitio acercándose a los delfines, y desplegar una red de cerco de malla grande (366 m por 7 m) (malla de 22 cm, flotadores y líneas de plomo), arrinconando a los animales alrededor de una circunferencia, mientras que los barcos restantes deben mantenerse cerca. Cuando la red se encuentre cerrada, los manipuladores deben ingresar al cerco en silencio acercarse al animal, el primer manipulador debe tratar de sujetar al delfín enredado delante de la aleta dorsal justo detrás de las aletas pectorales, mientras que los manejadores adicionales deben inmovilizar y contener los movimientos refrenando al delfín y desenredándolo en el proceso. Una vez capturado y desenredado, es restringido por tres a seis personas y sometido a una evaluación veterinaria inicial, se debe asignar a cada delfín un identificador único ID, utilizado para rastrear datos y muestras recolectadas. Mediante una camilla el delfín puede ser levantado hacia el bote para la obtención de información sobre su salud (frecuencia cardiaca, temperatura, colecta de muestras; etc.), los animales deben ser manipulados con un mínimo de estrés.



Ilustración 5 Ilustración de captura mediante una camilla y colocación de una etiqueta satelital con ventosa, basado en la metodología de Elwen, 2006.

Etiquetado

Los protocolos de colocación de etiquetas, se encuentran basadas en técnicas utilizadas en el etiquetado de tiburones, el método principal de fijación de etiquetas utiliza pernos y arneses taladrados a través de la aleta dorsal. Este método invasivo causa mucho estrés en los animales etiquetados, se requiere en muchos casos sedar al animal para practicar este procedimiento, muchos investigadores de cetáceos optan por realizar este procedimiento ya que evita el desprendimiento de la etiqueta lo que implica, un mayor tiempo de monitoreo. [40] Sin embargo, en el mercado pueden hallarse alternativas y modificaciones realizadas en los dispositivos por los propios investigadores, como el uso de adhesivos, collares o ventosas.

Debido a que la población objeto de estudio es vulnerable y se encuentra en declive, consideramos que los transmisores a utilizarse deben ser adaptados para su uso con ventosas que se acoplen a la zona de la aleta dorsal, con el fin de minimizar cualquier efecto sobre el animal estudiado. Sin embargo, colocar una etiqueta en el individuo objetivo no es la única manera de realizar monitoreos. Sarría (2014) describe algunas de las varias formas de realizar estudios ecológicos, ya sea que se los realice en condiciones de laboratorio como en espacios abiertos; con y sin contacto animal; mediante dispositivos ópticos como cámaras fotográficas [42], acústicos [43] o vía satélite.

Liberación

En caso de que el delfín se encuentre sobre la embarcación, debe ser devuelto al agua mediante una camilla en la popa del bote, los manipuladores deben colocar al delfín en dirección del agua más profunda, lejos de los barcos y la red, con cuidado para evitar dañar o desalojar la etiqueta.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS ESPERADOS

En la literatura pueden hallarse diversos métodos de monitoreo, sin embargo, para la implementación de un sistema de rastreo y monitoreo ecológico en la zona del Golfo de Guayaquil deben tenerse en consideración las condiciones ambientales variables, factores sociales y culturales de la zona, el intenso tráfico marítimo y la factibilidad o eficiencia del sistema.

Se consideró en primera instancia el uso de la telemetría acústica como un sistema poco invasivo, con la distribución regular de varios hidrófonos en la zona del canal como estación receptora, pero el uso de etiquetas acústicas ha sido poco estudiada en delfines, y las emisiones acústicas generadas por las etiquetas se encuentran dentro del rango de frecuencias de los delfines, las cuales podrían afectar el comportamiento normal de los delfines como desorientarlos. Además, los hidrófonos colocados a lo largo del canal podrían ser causa de robo o golpeados debido al intenso tráfico marítimo que existe en la zona y la recepción de las emisiones sonoras de las etiquetas se vería afectada fuertemente por la turbidez y excesiva cantidad de sólidos en suspensión característico del estuario. Por ello consideramos descartar este sistema.

Nuestra segunda opción, un sistema de telemetría satelital es considerado el más adecuado para la obtención de datos de distribución y preferencia de hábitat de la población de delfines nariz de botella que se encuentran en la zona del canal del Morro, ya que nos permite la obtención de datos en tiempo real, las etiquetas pueden ser utilizadas para múltiples propósitos de investigación, la información aportada puede ser llevada a una escala espacial y temporal, además constituiría un método menos invasivo, con el uso de ventosas para la adhesión de las etiquetas, lográndose recuperar nuevamente mediante un rastreo GPS.

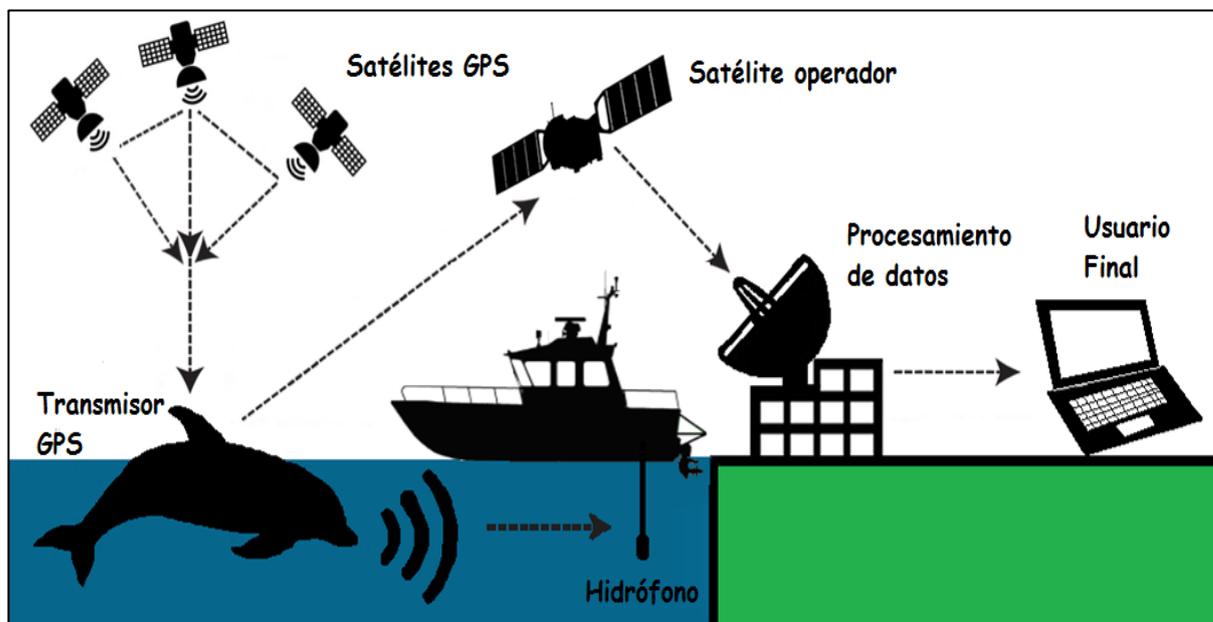


Ilustración 6 Esquema gráfico del funcionamiento de un sistema satelital (ARGOS) y acústico para el monitoreo de delfines recomendado por los autores.

La implementación de un sistema satelital para el estudio de los delfines nariz de botella en la zona del canal del Morro, constituiría un hito, ya que estudios de distribución espacial con sistemas satelitales en la zona costera del Ecuador son escasos. Además, permitiría complementar la información histórica que se ha realizado con estos animales mediante foto identificación, mediante estudios de distribución espacial, podríamos obtener datos valiosos sobre la conducta, historia de vida, movimiento, comportamiento, uso de hábitat, sobrevivencia, productividad de estos animales, la utilización de instrumentos de transmisión en animales desempeñan un papel importante en la comprensión del comportamiento, la ecología y la fisiología de los animales libres y su respuesta a las condiciones ambientales en constante cambio

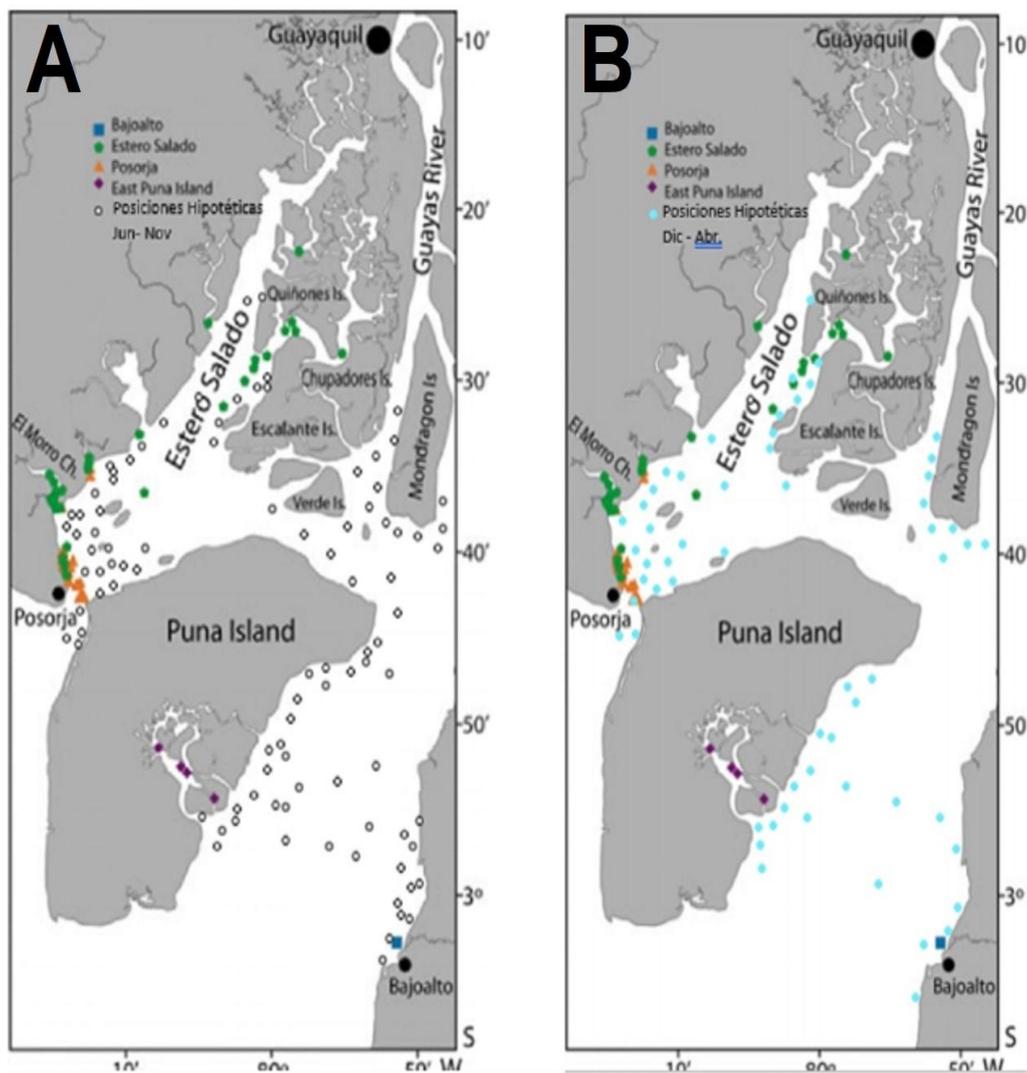


Ilustración 7 Mapa de distribución espacial de *T. truncatus* en el Golfo de Guayaquil tomado de Félix, 2017 con datos hipotéticos de telemetría en los meses de A) Junio - Noviembre y B) Diciembre - Abril. (Modificado por los autores)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. La investigación bibliográfica realizada sugiere que el sistema acústico y satelital implementado en este estudio es el más adecuado para el estudio de *T. truncatus* en la zona, debido a la variabilidad de condiciones ambientales, y desarrollo de actividades antropogénicas en el Golfo de Guayaquil.
2. El uso de métodos acústicos y satelitales permiten complementar y corroborar los estudios basados en fotoidentificación realizados en la zona.
3. Los datos de telemetría son una herramienta valiosa para el desarrollo de políticas de conservación, manejo y gestión.

Recomendaciones

Los investigadores, deben tener en cuenta para la adquisición de dispositivos de monitoreo y rastreo adaptativos e inteligentes, considerarse aspectos biológicos de la especie, las condiciones oceanográficas ya que pueden afectar la durabilidad, y costos de inversión en el monitoreo de los animales y la obtención de datos ambientales.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] T. Jefferson, M. Webber, and R. Pitman, *Marine Mammals of the World*, Second. 2015.
- [2] J. Richardson, C. Greene, C. Malme, and D. Thompson, *Marine Mammals and noise*. San Diego, 1995.
- [3] A. Aguayo and C. Esquivel, "Origen y evolución de los cetáceos," *Ciencias*, pp. 17–27, 1991.
- [4] F. Padilla and A. Cuesta, *Zoología aplicada*. 2003.
- [5] R. E. Fordyce and C. De Muizon, *Evolutionary history of cetaceans : A review Secondary Adaptation of Tetrapods to LHe in Water*, no. January. 2001.
- [6] L. Medrano, "La evolución de los cetáceos," no. August, 2014.
- [7] L. Vázquez, A. Serrano, and J. Galindo, "Estudio preliminar sobre la diversidad , distribución y abundancia de cetáceos en aguas profundas del Golfo de México Cetaceans in deep water of Gulf of Mexico Laura VÁZQUEZ CASTÁN , Arturo SERRANO y José Ángel GALINDO," *Rev. UDO Agrícola*, vol. 9, no. 4, pp. 992–997, 2009.
- [8] P. S. Hammond, "Metodos de investigación de cetaceos en su medio natural," 2017. .
- [9] D. G. Tirira, "Lista Actualizada De Especies Mammals of Ecuador :," pp. 1–28, 2015.
- [10] F. Felix, "Guia de campo para observación de Bufeos en el Golfo de Guayaquil."
- [11] D. G. Tirira, *Libro Rojo de los Mamíferos del Ecuador*. 2011.
- [12] M. Zavala, "Área de ocupación y estructura social del bufeo costero *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821) (Cetacea: Delphinidae) en la Puntilla de Santa Elena (Ecuador) desde Noviembre 2015 hasta Julio 2016.," 2017.
- [13] P. J. Jiménez and J. J. Alava, "Population ecology and anthropogenic stressors of the coastal bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in the el morro mangrove and wildlife refuge, Guayaquil Gulf, ecuador: Toward conservation and management actions," *Dolphins Ecol. Behav. Conserv. Strateg.*, no. May, pp. 129–163, 2014.
- [14] F. Felix, "Ecology of the coastal bottlenose dolphin *Tursiops truncatus* in

the Gulf of Guayaquil, Ecuador.” 1994.

- [15] F. Félix, “Organization and social structure of the coastal bottlenose dolphin *Tursiops truncatus* in the Gulf de Guayaquil , Ecuador,” pp. 1–16, 1997.
- [16] F. Félix, A. Calderón, M. Vintimilla, and R. A. Bayas-Rea, “Decreasing population trend in coastal bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) from the Gulf of Guayaquil, Ecuador,” *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.*, no. January, pp. 1–11, 2017.
- [17] F. Félix, R. Centeno, J. Romero, M. Zavala, and Ó. Vásconez, “Prevalence of scars of anthropogenic origin in coastal bottlenose dolphin in Ecuador,” *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom*, no. May, pp. 1–10, 2017.
- [18] R. Mcauley, B. Bruce, I. Keay, S. Mountford, and T. Pinnell, *Evaluation of passive acoustic telemetry approaches for monitoring and mitigating shark hazards off the coast of Western Australia*, no. 273. 2016.
- [19] A. Cañadas, “Towards conservation of dolphins in the Alborán Sea Hacia la conservación de los delfines en el mar de Alborán,” 2006.
- [20] A. Cañadas, “Towards conservation of dolphins in the Alborán Sea,” *PhD Thesis, Univ. Autónoma Madrid, Spain.*, 2006.
- [21] P. Pomeroy, “Reproductive cycles of marine mammals &,” *Anim. Reprod. Sci.*, vol. 124, no. 3–4, pp. 184–193, 2011.
- [22] R. S. Sousa-lima, T. F. Norris, J. N. Oswald, and D. P. Fernandes, “A Review and Inventory of Fixed Autonomous Recorders for Passive Acoustic Monitoring of Marine Mammals,” vol. 39, no. 1, pp. 23–53, 2013.
- [23] D. Lindenmayer and G. Likens, *Effective Ecological Monitoring* -. CSIRO publishing, 2010.
- [24] M. R. Donaldson, S. G. Hinch, C. D. Suski, A. T. Fisk, M. R. Heupel, and S. J. Cooke, “Making connections in aquatic ecosystems with acoustic telemetry monitoring,” *Front. Ecol. Environ.*, vol. 12, no. 10, pp. 565–573, 2014.
- [25] F. Roquet, L. Boehme, M. Bester, H. Bornemann, and S. Brasseur, “IN-SITU OBSERVATIONS USING TAGGED ANIMALS,” no. 1.
- [26] T. T. Jones *et al.*, “Calculating the ecological impacts of animal-borne instruments on aquatic organisms,” pp. 1178–1186, 2013.
- [27] D. R. Zeh *et al.*, “Is acoustic tracking appropriate for air-breathing marine

- animals? Dugongs as a case study,” *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.*, vol. 464, pp. 1–10, 2015.
- [28] D. J. Aguzzi, “Sistemas inalámbricos para la monitorización continua del comportamiento de especies marinas,” 2014.
- [29] M. E. Byrne, A. E. Holland, A. L. Bryan, and J. C. Beasley, “Environmental conditions and animal behavior influence performance of solar-powered GPS-GSM transmitters,” vol. 119, pp. 389–404, 2017.
- [30] K. A. W. A, A. W. T. B, M. H. C, and D. M. W. A, “A review of the effects of different marking and tagging techniques on marine mammals,” pp. 15–30, 2012.
- [31] E. Inecol, *Manual de Técnicas para el estudio de la Fauna silvestre Manual de Técnicas para el estudio de la Fauna*, no. November 2016. 2011.
- [32] B. C. Balmer, L. H. Schwacke, and R. S. Wells, “Linking dive behavior to satellite-linked tag condition for a bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) along florida’s Northern gulf of Mexico coast,” *Aquat. Mamm.*, vol. 36, no. 1, pp. 1–8, 2010.
- [33] M. Hebblewhite, D. T. Haydon, M. Hebblewhite, and D. T. Haydon, “Distinguishing technology from biology : a critical review of the use of GPS telemetry data in ecology Distinguishing technology from biology : a critical review of the use of GPS telemetry data in ecology,” no. June, 2010.
- [34] B. A. Block *et al.*, “Toward a national animal telemetry network for aquatic observations in the United States,” *Anim. Biotelemetry*, pp. 4–11, 2016.
- [35] S. J. Cooke *et al.*, “Ocean Tracking Network Canada : A Network Approach to Addressing Critical Issues in Fisheries and Resource Management with Implications for Ocean Governance Feature : Ocean Tracking Network Canada : A Network Approach to Addressing Critical Issues in Fish,” vol. 2415, no. June 2016, 2012.
- [36] M. Johnson, N. A. De Soto, and P. T. Madsen, “Studying the behaviour and sensory ecology of marine mammals using acoustic recording tags : a review,” vol. 395, pp. 55–73, 2009.
- [37] M. Stevenson, “Seasonal variations in the Gulf of Guayaquil, a tropical estuary,” *Bol. científico*, vol. 4, 1981.
- [38] R. R. Twilley *et al.*, “The Gulf of Guayaquil and the Guayas River Estuary, Ecuador,” *Coast. Mar. Ecosyst. Lat. Am.*, vol. 144, pp. 245–263, 2001.

- [39] M. E. Murdoch *et al.*, "Protocols for Conducting Dolphin Capture-Release Health Assessment Studies," *NOAA Tech. Memo. NOS NCCOS*, no. NOAA Tech 49, p. 83 pp., 2006.
- [40] K. M. Andrews, "PIT Tagging : Simple Technology at Its Best," vol. 54, no. 5, pp. 447–454, 2004.
- [41] D. Sarriá, "Sistemas inalámbricos para la monitorización continua del comportamiento de especies marinas," 2014.
- [42] G. Santamaria *et al.*, "Long term monitoring of day-night fish assemblage at OBSEA," *5th Martech Int. Work. Mar. Technol.*, pp. 58–60, 2013.
- [43] R. Freitas *et al.*, "Benthic habitat mapping: Concerns using a combined approach (acoustic, sediment and biological data)," *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, vol. 92, no. 4, pp. 598–606, 2011.