UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR
ÁREA DE CONOCIMIENTO DE CIENCIAS DEL MAR Y DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS MARINAS Y COSTERAS

TESIS

DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE *Manta birostris* (Walbaum, 1792) EN EL ARCHIPIÉLAGO DE REVILLAGIGEDO DURANTE EL AÑO 2016.

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO MARINO

PRESENTA:

PAUL ANTONIO PRECIADO GONZÁLEZ

DIRECTOR:

B.M. ARTURO AYALA BOCOS

LA PAZ, B.C.S., FEBRERO 2018.

Fecha: 6 febrero 18

DR. ENRIQUE ALEJANDRO GÓMEZ GALLARDO UNZUETA,
JEFE DEL DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS MARINAS Y COSTERAS,
PRESENTE.

Los abajo firmantes, Miembros de la Comisión Revisora del **TRABAJO DE TESIS TERMINADO** titulado: **"DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE *Manta birostris* (WALBAUM, 1792) EN EL ARCHIPIÉLAGO DE REVILLAGIGEDO DURANTE EL AÑO 2016"** que presenta el (la) pasante de la Carrera de Biólogo Marino **C. PAUL ANTONIO PRECIADO GONZÁLEZ**, comunicamos a usted, que otorgamos nuestro **voto aprobatorio** y consideramos que dicho trabajo está listo para su defensa a fin de obtener el título de Biólogo Marino.

Héctor Reyes Bonilla	Héctor Reyes Bonilla	PRESIDENTE
Nombre Completo	Firma	
Carlos Alberto Salomón Aguilar		SECRETARIO
Nombre Completo	Firma	
Arturo Ayala Bocos		VOCAL
Nombre Completo	Firma	
Arturo Ayala Bocos		DIRECTOR DE TESIS
Nombre Completo	Firma	

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR
RECIBIDO
06 FEB 2018
CIENCIAS MARINAS Y COSTERAS
FIRMA _____ HORA _____

C.c.p. Dirección de Servicios Escolares.
C.c.p. Interesado
C.c.p. Archivo

DEDICATORIA

Para las personas más importante en mi vida: Maura González Guzmán y Zenón Antonio Preciado Camacho, mis padres; Violeta Annel Preciado González, mi hermana. Sin ustedes no hubiera llegado hasta aquí.

¡Los amo!

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), por brindarme la oportunidad de formarme como universitario, pero en especial al Departamento de Ciencias Marinas y Costeras, donde estudié la mejor carrera, ¡biología marina!

Al equipo de laboratorio de Sistemas Arrecifales de la UABCS quienes me aceptaron sin conocerme, me hicieron parte del equipo y me ayudaron a crecer como buzo, estudiante y como persona.

A Ecosistemas y Conservación: Proazul terrestre A.C. por brindarme la oportunidad de desarrollar mi tesis con un tema maravilloso que me dejó grandes experiencias durante el proceso.

Al biólogo marino Arturo Ayala Bocos “cocho”, por confiar en mi para realizar este trabajo. Por darme la oportunidad de cumplir mi sueño de conocer y trabajar con las mantas en un lugar maravilloso, Revillagigedo. Por los consejos, enseñanzas, charlas, y apoyo incondicional a cada momento. Porque más que un director, te convertiste en un amigo del cual he aprendido mucho.

A la Dra. Jenny Carolina Rodríguez, por apoyarme cuando Arturo se encontraba lejos y por ser mi directora-consejera postiza jaja. También por tomarme una foto con una manta gigante en ese viaje inolvidable en Revillagigedo.

A los turistas que proporcionaron sus fotos y videos para poder realizar este trabajo. También a Rodolfo García (el mini) quien fue parte fundamental en la recolección de las fotografías que fueron utilizadas para este trabajo.

A Nautilus Liveaboards, por darme la oportunidad de participar como científico del barco Belle Amie durante tres semanas, para dar charlas a los turistas, tomar mis datos en campo y por los mejores buceos que he tenido.

A mi madre, Maura González Guzmán, por su apoyo incondicional durante estos casi cinco años. Por ser mi fan número 1, quien se asombra, emociona y comparte cada aventura que tengo. Porque soy su biólogo locutor :)

A mi padre, Zenón Antonio Preciado Camacho, el hombre que más admiro. Por sus consejos para guiarme por el buen camino en cada locura que tengo. Por apoyarme de principio a fin durante la carrera y por mostrarme que la familia es importante pero el estudio también, aunque eso implique separarnos por un tiempo. Por siempre estar orgulloso de ver a su hijo crecer como persona y profesional.

A mi hermana favorita, Violeta Annel Preciado González, por su apoyo desde siempre a pesar de la distancia.

Al Dr. Carlos Salomón Aguilar, por el apoyo y consejos para este y otros trabajos, por siempre darse el tiempo de apoyarme como alumno y por esas retas de futbol a lo largo de la carrera en el torneo sabatino de biología marina.

Para mis amigos Los Comelunches, ¡el mejor equipo de fútbol! Dilan, Hugo, Jorge, Miralrio y Missael, saben que la vida nos hizo amigos, pero en el fútbol nos hizo hermanos. Gracias por todas las aventuras, locuras y momentos vividos. También por molestar a cada rato con mi tema de tesis jaja, eso me motivó a hacerlo con más ganas. A Yutzín, mis chinos favoritos de la uni, ¡porque tú también eres comelunche! ¡Gracias por ser mi amiga! por esos discursos de mil horas jaja y por dejarme despeinarte a cada rato. ¡Los quiero!

A Samantha González, la comelunche del turno matutino jaja. Mi compita del alma. Gracias por tu apoyo en todos los sentidos, por los consejos, por ser la otra fan número uno del biólogo locutor, por motivarme y por revisar mi tesis de principio a fin. ¡Te quiero!

Al Dr. Gustavo Hinojosa “el Guvi”, Israel Moreno y Valeria Lucero, por la buena amistad, por los consejos, su apoyo y buena vibra para llevar a cabo este trabajo.

¡Gracias a todos!

ÍNDICE

GLOSARIO.....i

LISTA DE FIGURAS iii

LISTA DE TABLAS.....iv

RESUMEN v

ABSTRACT vi

I. INTRODUCCIÓN 1

II. ANTECEDENTES 4

III. JUSTIFICACIÓN 6

IV. OBJETIVOS..... 7

4.1 Objetivo general..... 7

4.2 Objetivos específicos 7

V. ÁREA DE ESTUDIO 8

VI. MÉTODO 11

6.1 Fotografía y características morfológicas..... 11

6.2 Identificación de marcas e individuos..... 12

6.3 Comparación de imágenes 13

6.4 Tamaño poblacional y abundancia..... 13

6.5 Re-avistamiento, estacionalidad de individuos y patrones de movimiento..... 14

6.6 Análisis estadísticos..... 15

VII. RESULTADOS..... 16

7.1 Individuos identificados 16

7.2 Patrones de coloración 18

7.3 Proporción de sexo 19

7.4 Estimación de tamaño poblacional, abundancia y recaptura 20
7.5 Estacionalidad y patrones de movimiento 22
7.6 Línea base de monitoreo 28
VIII. DISCUSIÓN 29
8.1 Foto identificación 29
8.2 Morfotipo 30
8.3 Determinación del sexo 31
8.4 Tamaño poblacional y abundancia 33
8.5 Estacionalidad y Patrones de movimiento 34
8.6 Manejo del recurso 35
IX. CONCLUSIONES 38
X. BIBLIOGRAFÍA 39
ANEXO 1 49
ANEXO 2. 57
ANEXO 3. 63

GLOSARIO

Área de crianza: zonas geográficamente discretas en el rango de distribución espacial de una especie donde las hembras grávidas de la mayoría de las especies expulsan a sus crías o depositan sus huevos, y donde los organismos jóvenes pasan sus primeras semanas, meses o años de vida (Castro, 1993).

Área de reproducción: áreas donde los adultos se congregan con el propósito de aparearse (Castro, 1993).

Branquiespinas: una serie de proyecciones óseas como espinas fijadas a lo largo del borde anterior de los arcos branquiales (Bussing y López, 2005).

Foto-identificación: técnica fotográfica que utiliza las características distintivas de los organismos las cuales permanecen estables con el paso del tiempo y pueden ser utilizadas como reemplazo en el uso de marcas para algunas especies (Brooks *et al.*, 2010).

Gonopterigio: órganos copuladores masculinos característicos de elasmobranquios, que son modificaciones de los bordes de las aletas pélvicas y son utilizados para transmitir el esperma a la hembra (Álvarez del Villar, 1978).

Hábitat crítico: área geográfica esencial para la conservación de especies amenazadas o en peligro y que pudiera requerir de un manejo y protección especial (Ruiz, 2006).

Hábitat esencial: sitios que satisfacen los requerimientos biológicos de una especie para subsistir (Martínez y López, 2005).

Manta chevrón: Tipo de manta gigante con superficie dorsal negra, con parches grandes, conspicuos y blancos en la región del hombro supra-branquial con o sin puntos negros dentro de ellos. La superficie ventral es color blanco con manchas de color gris oscuro a negro, y el tercio posterior del disco de color gris que forma un margen en forma de forma de V a lo largo de los bordes posteriores de las aletas pectorales (Marshall *et al.*, 2009).

Manta negra: Tipo de manta gigante completamente negra en la superficie dorsal y predominantemente negro en la superficie ventral excepto por un resplandor blanco de tamaño variable a lo largo de la línea media ventral (Marshall *et al.*, 2009).

Población abierta: población que cambia de tamaño y composición desde los nacimientos, muertes y movimientos (Krebs, 1999).

Población cerrada: población que no cambia en tamaño durante el periodo de estudio, es decir, los efectos de nacimientos, muertos y movimientos son insignificantes. Por tanto, las poblaciones son tipicamente cerradas solamente durante un periodo corto de tiempo (Krebs, 1999).

Zona de refugio: áreas delimitadas en las aguas de jurisdicción federal, con la finalidad de conservar y contribuir, natural o artificialmente, al desarrollo de la flora y fauna acuáticas, así como preservar y proteger el medio ambiente que los rodea (DOF, 2007).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Archipiélago de Revillagigedo……..9

Figura 2. Corrientes marinas con influencia en el Archipiélago Revillagigedo (AR). CC: Corriente de California, NECC: Contra corriente Norecuatorial, WMC: Corriente Costera Mexicana del Oeste y TB: Corriente de Tehuantepec (tomado y modificado de Kessler, 2006)……10

Figura 3. Sitios de buceo visitados dentro del Archipiélago de Revillagigedo……...11

Figura 4. Dimorfismo sexual de *M. birostris*. Hembra con aletas pélvicas libres (A) y macho (B) con presencia de gonopterigios……12

Figura 5. Morfotipos de *M. birostris*. Manta chevrón (A) y manta negra (B)……13

Figura 6. Identificación mensual de mantas para el Archipiélago de Revillagigedo temporada 2015-2016……16

Figura 7. Identificación mensual de mantas por islas para el Archipiélago de Revillagigedo temporada 2015-2016……...19

Figura 8. Individuos hembras y machos identificados por mes para el Archipiélago de Revillagigedo temporada 2015-2016……...20

Figura 9. Individuos hembras y machos identificados por isla para el Archipiélago de Revillagigedo temporada 2015-2016. ……21

Figura 10. Mantas observadas mensualmente en el Archipiélago de Revillagigedo temporada 2015-2016……23

Figura 11. Tiempo de residencia de las mantas gigantes recapturadas en la temporada 2015-2016……..24

Figura 12. Desplazamientos sugeridos encontrados de las mantas entre islas del Archipiélago de Revillagigedo temporada 2016-2016. 1: Punta Tosca, 2: Cabo Pearce, 3: El Boiler……..26

Figura 13. Desplazamientos sugeridos de las mantas en isla Socorro e isla San Benedicto…..……27

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Mantas identificadas en la temporada 2015-2016 observadas en años anteriores……31

RESUMEN

La manta gigante *Manta birostris* es uno de los peces cartilaginosos más grandes de los océanos. Su distribución mundial abarca las aguas tropicales y subtropicales y presenta un comportamiento altamente pelágico. Esta especie es carismática y sus sitios de agregación son fáciles de predecir, convirtiéndola en un atractivo turístico en diversos sitios del mundo, entre ellos el Archipiélago de Revillagigedo. El desconocimiento de los patrones de distribución y abundancia de *M. birostris* en las islas de Revillagigedo limitan el aprovechamiento del recurso. El objetivo de este trabajo fue determinar los patrones de distribución y los sitios de mayor concentración de manta gigante en Revillagigedo. Mediante foto identificación se reconocieron a los individuos a partir de los diferentes patrones de pigmentación en el área ventral, se analizó la abundancia por isla y los patrones de movimiento entre estas durante la temporada 2015-2016. Se identificaron 169 mantas distintas y se encontró una proporción de 1H:0.95M. El morfotipo chevrón fue el más representativo con 127 mantas y solo se encontraron 42 mantas negras. Los meses con mayor abundancia fueron febrero con 34 registros y mayo y junio con 33 para cada uno. Isla San Benedicto presentó la mayor abundancia de las tres islas analizadas con 94 mantas, seguida de Roca Partida e isla Socorro con 52 y 41, respectivamente. También se registraron desplazamientos de mantas entre las tres islas y una estacionalidad de hasta 19 semanas en Revillagigedo. La presencia de mantas y su distribución en las islas está relacionada a estaciones de limpieza, presencia de alimento y posiblemente por eventos reproductivos. El establecimiento del Parque Nacional Revillagigedo funcionará como un refugio para mantener la conectividad entre las islas, la conservación del medio marino y asegurar la biodiversidad a través del manejo sustentable de los recursos naturales del área.

Palabras clave: Foto identificación, México, Parque Nacional Revillagigedo, temporada 2015-2015, *Mobula birostris.*

ABSTRACT

The giant manta *Manta birostris* is one of the largest cartilaginous fish of the ocean. Its distribution covers tropical and temperate water worldwide and has a pelagic behavior. This is a charismatic species and its aggregation sites are easy to predict, making it a tourist attraction in several places in the world, including the Revillagigedo Archipelago. The lack of knowledge of the distribution and abundance patterns of *M. birostris* in Revillagigedo limits the use of it. The goal of this study was to determinate the distribution patterns and highest concentration of giant mantas in Revillagigedo. Through Photo-ID, different pigmentation patterns were obtained in the ventral area to identified individuals, abundance was analyzed by islands and movement patterns between them during season 2015-2016. We identified 169 different mantas and a sex ratio of 1F:0.95M. The chevron morphotype was the most representative with 127 mantas and only 42 black mantas were found. The months with highest abundance were february with 34 records, may and june with 33 records each. San Benedicto Island presented the hightest abundance of the three islands with 94 mantas, followed by Roca Partida and Socorro Island with 51 and 42, respectively. There were also movements of mantas between the three islands and a seasonality of up 19 weeks in Revillagigedo. The presence and distribution of mantas are related to cleaning stations, feeding behavior and possibly reproductive events. The Revillagigedo National Park will function as a refuge to maintain connectivity between islands and the conservation of the marine environment.

Key words: Photo-ID, Mexico, Revillagigedo National Park, 2015-2016 season, *Mobula birostris.*

I. INTRODUCCIÓN

La lejanía y el aislamiento del Archipiélago de Revillagigedo con relación al macizo continental lo ha caracterizado como sitio único, reconocido a nivel mundial por su importancia biológica y ecológica debido a la presencia de diversas especies endémicas tanto marinas como terrestres en el complejo insular, algunas de las cuales están bajo algún tipo de protección (Vargas *et al.,* 2000; CONANP, 2004; DOF, 2007; Aguirre-Muñoz *et al.,* 2015) por lo que en 1994, el gobierno mexicano en declaró este sitio como Área Natural Protegida con categoría de Reserva de la Biosfera. Pero a partir del 17 de junio de 2016 fue declarado por la UNESCO como Patrimonio de la Humanidad y en noviembre de 2017 se decretó con la categoría de Parque Nacional (DOF, 2017). Sin embargo, debido a la presencia de elasmobranquios en el archipiélago, este se ha convertido en una zona importante de buceo turístico, principalmente por las agregaciones de manta gigante *Manta birostris* (Walbaum, 1792), la cual es posible observar en agregaciones de hasta diez individuos (Aguirre-Muñoz *et al.,* 2015).

La especie también conocida como manta diablo, manta cornuda o manta chevron, es un pez cartilaginoso perteneciente a la familia Mobulidae (Helfman *et al.,* 2009; Marshall *et al.,* 2011) que puede alcanzar los 1,400 kg (Last y Steven, 1994) y un registro máximo de 9.1 m de ancho de disco (Compagno, 1990). Su distribución abarca aguas tropicales y subtropicales alrededor del mundo, con mayor frecuencia en zonas marinas con presencia de surgencias, islas oceánicas y montañas submarinas (Rubin y Kumli, 2002; Marshall, 2008), donde suele pasar la mayor cantidad de su tiempo, razón por la que su estudio resulta muy complejo (Marshall, 2008). La especie *M. birostris* se caracteriza por ser altamente migratoria con recorridos de hasta de 1,000 km (Mundy-Taylor y Crook, 2013), no suele presentar fidelidad a sus sitios de congregación, utilizados principalmente como estaciones de limpieza y alimentación (Marshall *et al.,* 2011; Couturier *et al.,* 2012). No obstante, se han descubierto zonas donde estos individuos suelen volver con cierta periodicidad,

tales como Indonesia, Hawaii y Mozambique (Graham *et al.,* 2012), aunque a nivel mundial todavía se desconocen las áreas de crianza para la especie.

El comportamiento alimenticio de *M. birostris* es llevado a cabo tanto en la superficie del océano como hasta 150 metros de profundidad (Stewart *et al.,* 2016); su fuente principal de alimento es el plancton, específicamente eufáusidos (Notarbartolo-di-Sciara, 1989; Homma *et al.,* 1999; Stewart *et al.,* 2016). Por otra parte, *M. birostris* presenta comensalismo con rémoras e intereactúa con peces limpiadores (*Holacanthus clarionensis, Chaetodon kleinii, Abudefduf natalensis, Pomacanthus rhomboids, Odonus niger*, *Thalassoma lunare, Labroides dimidiatus y Labroides bicolor*) removedores de parásitos superficiales y piel muerta (Marshall, 2008). Regularmente, *M. birostris* es observada nadando de manera solitaria, pero es posible observar grupos con hasta 50 individuos por cardumen (Homma *et al.,* 1999) y durante la época reproductiva, el macho y la hembra suelen pasar varios días nadando juntos (Marshall, 2008).

El acercamiento hacia *M. birostris* influenciado por el conocimiento de sus sitios de agregación y su comportamiento carismático, resulta ideal para realizar actividades de pesca y turismo con la especie, dándole un gran valor económico a nivel mundial (Couturier *et al.,* 2012). Las mantas se pescan de manera dirigida o incidental para el comercio de su carne, cartílago y piel (Camhi *et al.,* 2009; Couturier *et al.,* 2012), pero principalmente para la obtención de sus branquiespinas, utilizadas en la medicina china tradicional (Dulvy *et al.,* 2014; Mundy-Taylor y Crook, 2013). Esta actividad en conjunto con las características de historia de vida que comparte con otros elasmobranquios, tales como: baja fecundidad (una cría por temporada reproductiva), baja mortalidad natural, crecimiento lento y madurez tardía han provocado el decaimiento de ciertas poblaciones en diferentes partes del mundo (Marshall, 2008; Dulvy *et al.,* 2014). Por lo anterior, la manta gigante se encuentra en la categoría de vulnerable para la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) y en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) dentro del apéndice II (Walter *et al.,* 2013). Sin embargo, *M. birostris* está bajo protección

por las leyes mexicanas al estar incluida en la Norma Oficial Mexicana NOM-029-PESC-2006 para la pesca responsable de tiburones y rayas, donde se prohíbe la captura o retención de esta especie. Finalmente, la manta se encuentra incluida en el Plan de Acción Nacional Para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y Especies Afines en México, como especie en situación de riesgo o amenazada debido a su importancia ecológica y escasa abundancia (CONAPESCA-INP, 2004).

A nivel mundial la derrama económica generada para observar a *M. birostris* en su ambiente natural representa ingresos significativos de manera directa e indirecta para la industria del ecoturismo (O'Malley *et al.,* 2013). El buceo o nado con mantas gigante se ha convertido en una actividad turística que permite el aprovechamiento de la especie sin dañarla, cuyos ingresos son incluso mayores a los que un pescador obtiene por venderla (Anderson *et al.,* 2010; Kashiwagi *et al.,* 2011). En México, prestadores de servicios turísticos en Revillagigedo declaran que la mayoría de los turistas pagan más de $3,000.00 US únicamente por bucear con *M. birostris*, enfatizando que la ausencia de este recurso provocaría efectos negativos o incluso el colapso de la industria turística para la zona (O'Malley *et al.,* 2013).

A pesar de su importancia, existe poco conocimiento sobre aspectos ecológicos y el comportamiento de las poblaciones de *M. birostris* (Deakos *et al.,* 2011). Una técnica no intrusiva utilizada para monitorearlas es la foto identificación a partir de las marcas naturales distintivas que presentan en el cuerpo y que no se borran con el paso del tiempo (Hammond *et al.,* 1990; Deakos *et al.,* 2011; Brooks *et al.*, 2010; Marshall y Pierce, 2012). Con ella es posible reconocer, definir y estudiar poblaciones, comprobar fidelidad al sitio de cada individuo e identificar marcas por depredación (Luiz *et al.,* 2009; Rubin y Kumli, 2002; Dewar *et al.,* 2008). El presente trabajo pretende seguir esta línea al realizar una descripción poblacional basada en la fotoidentificación de *M. birostris* en la temporada 2015-2016 en el Archipiélago de Revillagigedo.

II. ANTECEDENTES

La diferencia en patrones de coloración y marcas características presentes en cada individuo son utilizadas como referencia para identificar individualmente a organismos dentro de la misma especie (Couturier *et al.,* 2012). El uso de foto identificación enfocada a *Manta birostris* se utiliza para identificar patrones de movimiento y estructura poblacional (Graham *et al.,* 2012). Sin embargo, el proceso se debe estandarizar para poder comparar a nivel mundial los resultados encontrados por los científicos (Town *et al.,* 2013). Por otro lado, Marshall y Pierce (2012) estudiaron los efectos de la foto identificación para realizar estudios con tiburones y rayas, demostrando que es una actividad no intrusiva que se debe estandarizar para facilitar colaboraciones en trabajos alrededor del mundo.

Dewar *et al.* (2008) estudiaron los movimientos y filopatría de *M. birostris* en el parque marino de Komodo, Indonesia. A partir de marcas acústicas concluyeron que existe un 90% de fidelidad al sitio provocada por la diversidad batimétrica de la zona, así como por la disponibilidad de alimento presente. En el sureste de Brasil, Luiz *et al.* (2009) con base en 79 fotografías subacuáticas descubrieron una ocurrencia estacional para *M. birostris* en los meses de junio a septiembre, acción provocada por la presencia de plancton que le provee alimento a la especie.

En Islas Maldivas Kitchen-Wheeler (2010) generó una metodología para identificar visualmente a individuos de *M. alfredi* con el fin de conocer abundancia de estas en cualquier parte del mundo en lugares de congregación. Esto basado en la pigmentación distintiva en cada una de ellas, principalmente las marcas semi ovaladas de la parte inferior de las branquias, así como las manchas o patrones pigmentados en la parte ventral. Además, demostró que en un periodo de 5 años no existen cambios en los patrones de pigmentación y/o coloración en los individuos, a diferencia con las cicatrices y tejido dañado que suele cambiar y sanar en un periodo máximo de un año. La técnica fue creada para identificar mantas con morfotipo chevron, sin embargo, es posible aplicarla a *M. birostris*.

Kashiwagi *et al.* (2011) evaluaron el uso de hábitat de *M. alfredi* y *M. birostris* a partir de fotoidentificación en 20 localidades del océano Pacífico e Índico, incluyendo el Archipiélago de Revillagigedo. Ellos utilizaron un total de 3,328 fotografías para determinar de manera general las relaciones geográficas y de comportamiento para ambas especies entre las zonas de estudio. Su estudio demostró una relación simpátrica en ocho localidades, principalmente del océano Índico. Pero la presencia de ambas especies en las mismas localidades presenta diferencias por la lejanía y cercanía respecto a la costa por parte de *M. birostris* y *M. alfredi*, respectivamente.

Existen programas de cómputo útiles para la foto identificación de manta gigante y otros elasmobranquios como el tiburón ballena (e.g: *Interactive Individual Identification System o I³S* (Marshall *et al.,* 2008). El método hasta ahora más exitoso, caracterizado por su gran exactitud al hacer comparaciones de fotografías subacuáticas tanto de *M. alfredi* como *M. birostris* fue propuesto por Town *et al.* (2013), el cual se basa en la extracción automatizada y coincidencia de puntos específicos de las marcas ventrales naturales de los individuos, utilizando el algoritmo SIFT (*Scale-Invariant Feature Transform*) y mejoramiento de imágenes para aumentar la calidad de la misma. El objetivo primario de esta técnica es ser un recurso global para la investigación ecológica y de conservación, permitiendo a los investigadores de mantas utilizar datos de avistamientos y aspectos de historia de vida de estas (Town *et al.,* 2013).

Medeiros *et al.* (2015) realizaron un estudio sobre el uso de un estuario al sur de Brasil como área de crianza para *M. birostris* con base en experiencias narradas por pescadores y observaciones personales. Indicaron que el lugar cuenta con alimento suficiente durante el verano para la permanencia de la especie en la zona.

En México se han realizado pocos estudios para *M. birostris.* Uno de ellos en el Caribe mexicano donde se estimó la abundancia en el Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam. Los resultados mostraron un total de 85 individuos identificados para el año 2010 con la mayor abundancia presente en julio y agosto con 14 y 34 individuos, respectivamente (Martínez-Urrea, 2013).

En Revillagigedo, *Pacific Research Group* han realizado estudios de foto identificación de manta gigante dentro del archipiélago, sus resultados sugieren una población estimada de 490 individuos de 1988 al 2014 (Rubin *et al.,* 2014 en prensa).

III. JUSTIFICACIÓN

En los últimos años se ha comprobado que el buceo recreativo con las mantas gigantes es una actividad que no afecta a la especie y genera una derrama económica importante que sobrepasa los 73 millones de dólares anuales a nivel mundial (O'Malley *et al.,* 2013), superior a lo generado por la pesca de estas con 29 millones de dólares (O'Malley *et al.,* 2013). Dentro del Parque Nacional Revillagigedo, la presencia de esta especie forma parte del atractivo principal en los buceos, razón por la cual el sitio es visitado en promedio por 1900 turistas al año (Ruiz-Sakamoto, 2015). Sin embargo, las agregaciones de *M. birostris* están ligadas al uso de las estaciones de limpieza y áreas de importancia biológica que pueden ser perturbadas si no se visitan de manera adecuada por buzos deportivos, acción que podría provocar cambios en el comportamiento y degradación del hábitat. Por lo anterior, es importante establecer y describir los patrones de distribución de *M. birostris* dentro del Archipiélago de Revillagigedo para conocer los sitios de ocurrencia, prioritarios y el número de individuos. Con lo anterior, se podrá contribuir en el establecimiento de herramientas para la conservación y manejo responsable de la especie, cuidado de los sitios y a mejorar la eficacia de los avistamientos de mantas gigantes por parte de los prestadores de servicio en la zona.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Describir los patrones de distribución y abundancia de *Manta birostris* en tres islas del Archipiélago de Revillagigedo para la temporada 2015-2016, por medio de foto identificación.

4.2 Objetivos específicos

- Estimar la densidad de mantas gigantes en Isla San Benedicto, Isla Socorro e Isla Roca Partida.
- Caracterizar la proporción sexual para Isla San Benedicto, Isla Socorro e Isla Roca Partida en conjunto.
- Describir patrones de movimiento entre islas y sitios de cada isla.
- Crear un catálogo fotográfico y una base de datos para la identificación futura de *M. birostris* dentro y fuera de Revillagigedo.

V. ÁREA DE ESTUDIO

El Archipiélago de Revillagigedo (Fig. 1) es un conjunto de cuatro islas oceánicas de origen volcánico ubicadas entre los 18° 20’ y 19°20 N y los 110°46’ y 114°50’ W en el océano Pacífico mexicano, aproximadamente a 405 km al suroeste de Cabo San Lucas Baja California y a 650 km al oeste de Manzanillo, Colima (Brasttstrom, 1990; Ortega *et al.,* 2015). Las cuatro islas que componen el archipiélago son Roca Partida, San Benedicto, Isla Clarión e Isla Socorro. Roca Partida en realidad es un islote aislado del resto y se considera la isla más pequeña de las cuatro con una superficie aproximada de 400 m^2 con una altura cercana a los 30 metros (Richards y Brattstrom, 1959). Por su parte, San Benedicto está localizada entre los 19°18’ latitud N y los 110°49’ longitud W y se caracteriza por presentar un conjunto de conos volcánicos. La isla presenta un área aproximada de 20.48 km^2 (Brattstrom, 1990) con una altura de hasta 300 metros (Castellanos-Vera y Arnaud, 1995). Isla Clarión se localiza a los 18°22’ latitud N y a 114°44’ longitud W, cuenta con una superficie aproximada de 29.75 km^2 y alcanza una altitud promedio de 305 m (Brattstrom, 1990). Finalmente, isla Socorro localizada a los 18°20’ N y los 110°45’ W, es la isla más grande de las cuatro que componen el Archipiélago (Castellanos-Vera y Arnaud, 1995), tiene una superficie aproximada de 110 km^2 (Wehtje *et al.,* 1993) con una altura máxima de 1130 m (Johnston, 1931; Brattstrom, 1990).

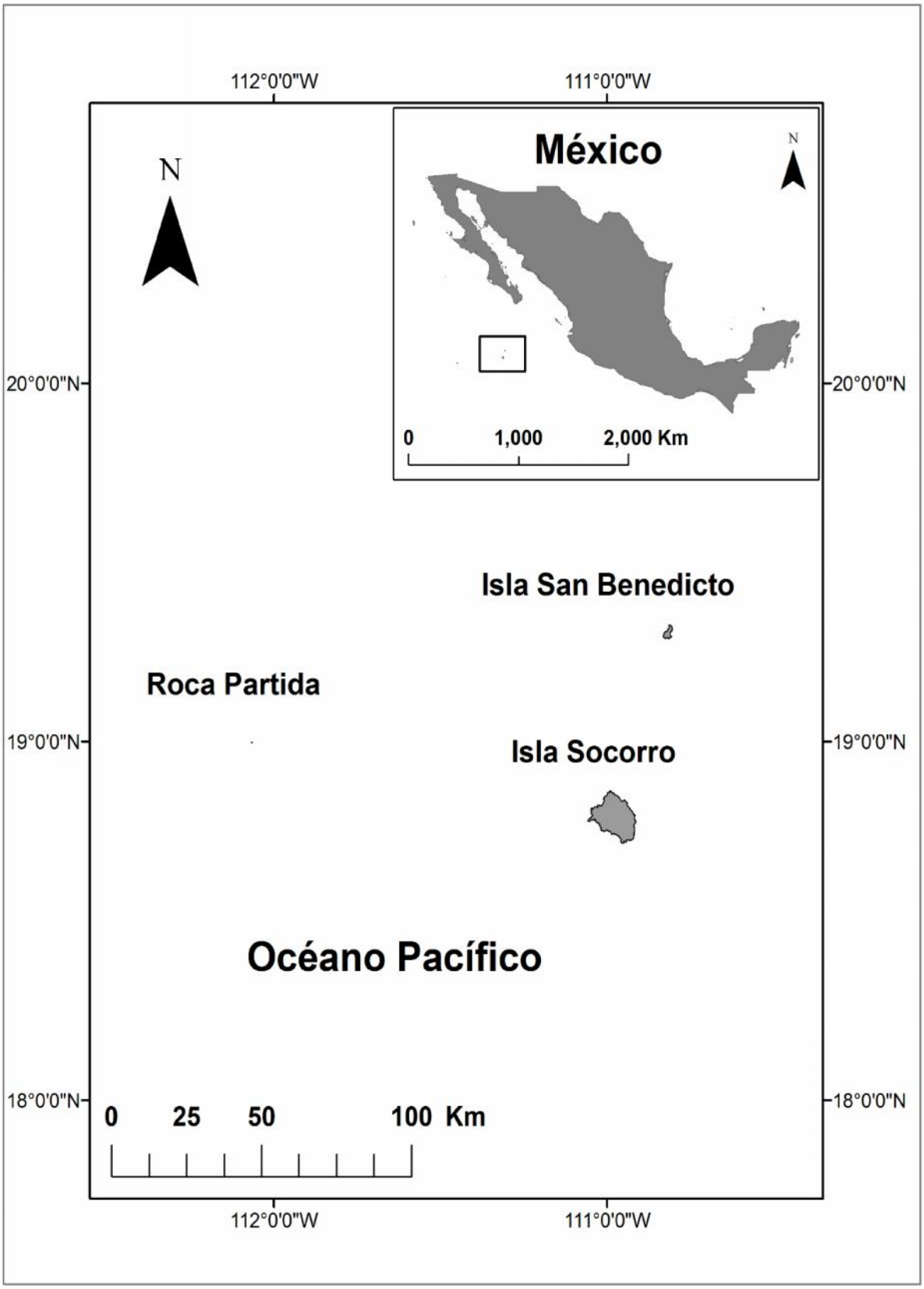


Figura 1. Ubicación geográfica del Archipiélago de Revillagigedo.

Debido a la ubicación geográfica del Archipiélago, este presenta un clima árido con alta incidencia de ciclones productores de lluvias en verano y descensos de temperatura que provoca nubosidad y neblina en invierno (Coria-Benet, 1995; CONANP, 2004). La precipitación anual es de 404.7 mm, concentrada en verano y se incrementa durante la ocurrencia de ciclones (Coria-Benet, 1995).

El Archipiélago de Revillagigedo se encuentra en una zona de transición oceánica al estar ubicada entre, el Giro del Pacífico nororiental y Pacífico oriental (Ortega *et al.,* 1995). Las aguas del archipiélago se ven influenciadas por la Corriente de California (CC) que trae consigo aguas frías de baja salinidad y ricas en nutrientes desde el norte en dirección a los trópicos (Aguirre-Muñoz *et al.,* 2015), por la Contracorriente Norecuatorial (NECC) formada por aguas tropicales cálidas de baja salinidad, y por la Corriente Costera Superficial Mexicana del Oeste (WMC) propuesta por Kessler (2006) que transporta aguas tropicales hacia la boca del Golfo de California (Fig. 2).

La temperatura superficial del mar a lo largo del año oscila entre los 25-28.5°C en verano y los 23-25°C en invierno (Lluch-Cota *et al.,* 1995; Aguirre-Muñoz *et al.* 2015). Los valores de salinidad anual oscilan entre los 34 y 34.5 UPS, influenciados por los giros subtropicales del Pacífico tropical donde la salinidad tiende a aumentar (Lluch-Cota *et al.,* 1995; Fiedler y Talley, 2006).

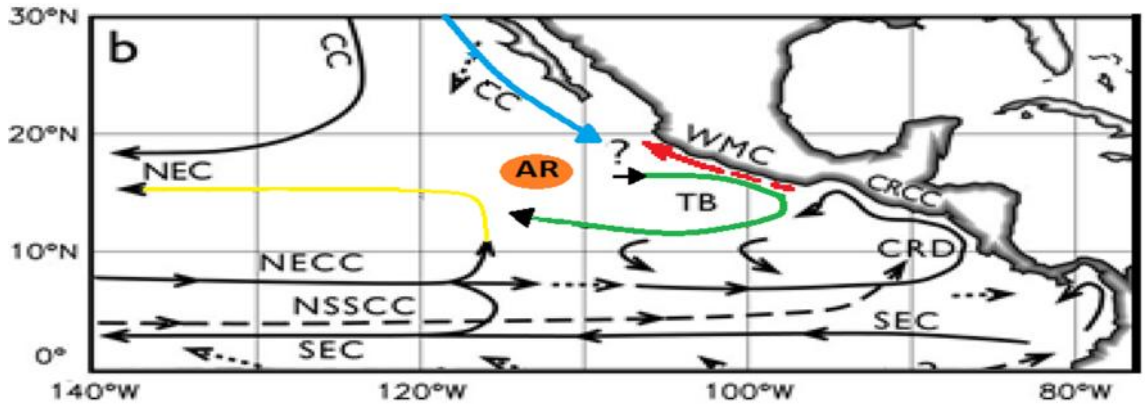


Figura 2. Corrientes marinas con influencia en el Archipiélago Revillagigedo (AR). CC: Corriente de California, NECC: Contra corriente Norecuatorial, WMC: Corriente Costera Mexicana del Oeste y TB: Corriente de Tehuantepec (Tomado y modificado de Kessler, 2006).

VI. MÉTODO

Se realizaron dos visitas mensuales al Archipiélago de Revillagigedo de diciembre de 2015 a junio de 2016 a bordo de barcos de buceo turístico. Se llevaron a cabo hasta 4 inmersiones al día (por 210 días), a una profundidad máxima de 30 metros y una duración de 50 minutos, en nueve sitios de buceo dentro de tres islas: Roca Partida, El Boiler, Las Cuevitas, El Fondeadero, El Cañón, Roca O'Neal, Punta Tosca, Old Man of the Rock y Cabo Pearce (Fig. 3). Roca Partida se consideró como isla y sitio único a la vez debido a su tamaño reducido en comparación con las otras islas. Isla Clarión no se consideró dentro del estudio por cuestiones de logística, ya que los barcos de buceo turístico no visitan esta isla por su lejanía.

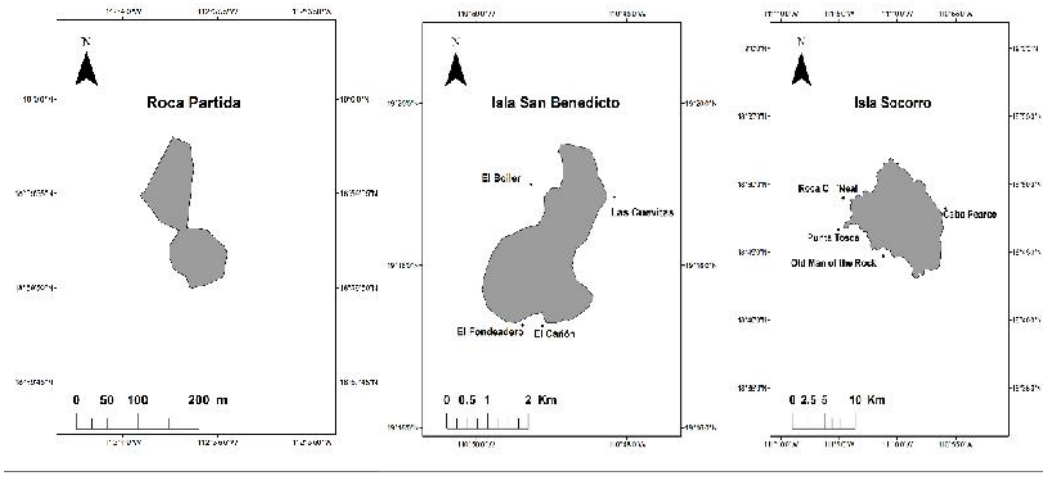


Figura 3. Sitios de buceo visitados dentro del Archipiélago de Revillagigedo.

6.1 Fotografía y características morfológicas

Durante cada uno de los buceos, al tener encuentros con las mantas gigante se tomó una foto y/o un video de la zona ventral a cada uno de los individuos observados, con el fin de capturar el ancho total del disco (AD), patrón de coloración en hocico y vientre, cicatrices y presencia o ausencia de alguna parte del cuerpo de cada organismo. Es importante recalcar que la mayoría de las fotografías analizadas fueron proporcionadas por turistas a bordo de los cruceros. El sexo del animal fue determinado por la ausencia o presencia de gonopterigios localizados al borde en las aletas pélvicas (Fig. 4; Marshall y Bennet, 2010).

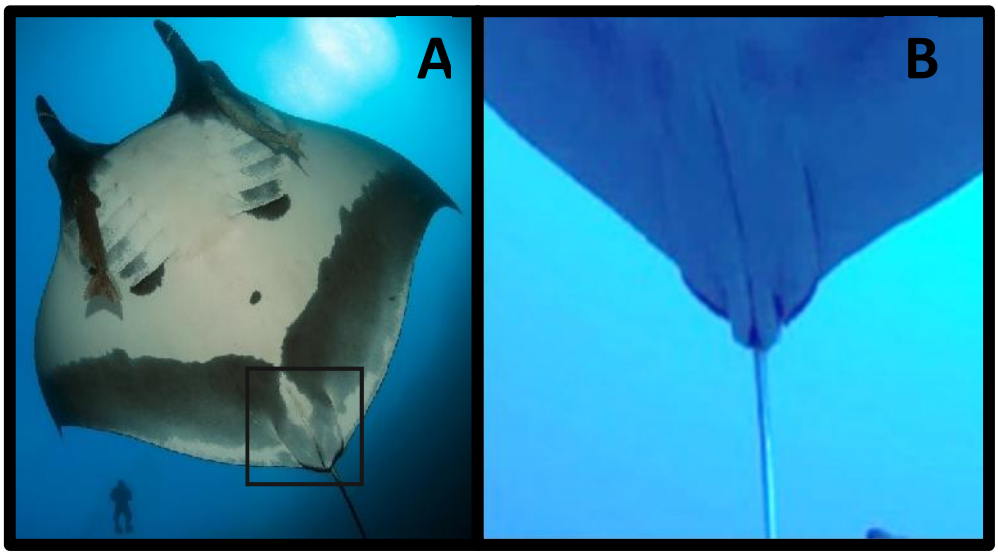


Figura 4. Dimorfismo sexual de *M. birostris*. Hembra con aletas pélvicas libres (A) y macho (B) con presencia de gonopterigios.

6.2 Identificación de marcas e individuos

La identificación a nivel individuo se realizó por diferenciación en el patrón de pigmentación de la parte ventral de cada animal en el área de las branquias, hocico y/o abdomen (Anexo 2 y 3). De la misma forma se diferenciaron los morfotipos con base en los patrones de coloración establecidos por Marshall *et al.* (2009) quien menciona la existencia de dos principales morfotipos para *M. birostris*: chevrón (Anexo 2; Fig. 5A) y negra (Anexo 3; Fig. 5 B).

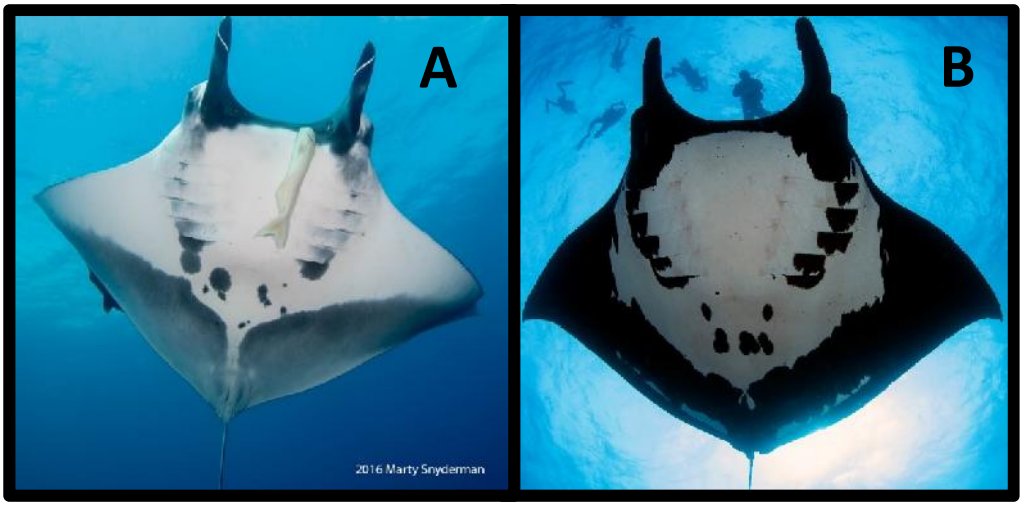


Figura 5. Morfotipos de *M. birostris*; chevrón (A) y negra (B).

6.3 Comparación de imágenes

Las fotografías analizadas fueron utilizadas para crear un catálogo fotográfico dividido en dos (mantas chevrón y mantas negras) para facilitar futuras comparaciones. Además, se realizó una base de datos con las características del animal (sexo, morfotipo) y datos de captura (fecha, isla y sitio). Cada fotografía fue editada para mejorar la calidad de la imagen, se nombró y catalogó con base en el número progresivo según el individuo nuevo identificado, fecha (aa/mm/dd), sitio de avistamiento y el sexo de este (ej. “35_160512_El Boiler_M”).

Todas las comparaciones fotográficas fueron realizadas por una sola persona, con revisión de dos observadores independientes para corroborar la identificación de los individuos.

6.4 Tamaño poblacional y abundancia

El tamaño poblacional de *M. birostris* en el Archipiélago de Revillagigedo se estimó con el método de Schnabel (1938) (Krebs, 1999) con la siguiente fórmula:

$$\hat{N} = \frac{\sum_t (C_t M_t)}{\sum_t R_t}$$

Donde:

- C_t = número total de individuos capturados en el tiempo determinado. ($C_t = R_t + U_t$).
- M_t = número de individuos marcados antes de la muestra t.
- R_t = número de individuos ya marcados cuando son capturados en la muestra t.
- U_t = el número de individuos marcados por primera vez y liberados en la muestra *t*.

La varianza del estimador se calculó:

$$\text{Varianza}\left(\frac{1}{\hat{N}}\right)=\frac{\sum R_t}{\left(\sum C_t M_t\right)^2} \qquad \text{Error Estándar} \quad \frac{1}{\hat{N}}=\sqrt{\text{Varianza}\left(\frac{1}{\hat{N}}\right)}$$

Las estimaciones de intervalos se calcularon con la fórmula:

$$\frac{1}{\hat{N}} \pm (t_\alpha)(\text{E.E.})$$

Debido a que el número total de individuos recapturados (Rt) fue mayor a 50 (Seber, 1982). Después se calcularon sus inversos a los valores obtenidos (positivo y negativo) para obtener el valor inferior y superior de cada intervalo.

Las abundancias total y mensual de mantas en el Archipiélago de Revillagigedo y para cada una de las islas, se determinaron a partir de los organismos identificados y las recapturas realizadas durante las 31 semanas de estudio.

6.5 Re-avistamiento, estacionalidad de individuos y patrones de movimiento

La temporada 2015-2016 se dividió en 31 semanas, del primero de diciembre 2015 al 2 de julio 2016. Los re-avistamientos de mantas gigantes encontrados fueron definidos por la identificación de un animal previamente observado con al menos una semana desde el último avistamiento o dentro de la misma semana, pero en diferente sitio. Para determinar el tiempo de residencia y los patrones de movimiento de las mantas observadas en Revillagigedo, se utilizó como referencia el primer sitio y fecha de observación, y las recapturas para cada organismo.

Adicionalmente, se realizó la foto identificación con fotografías de 45 individuos proporcionadas por turistas, tomadas de años anteriores a la temporada 2015-2016 para identificar si algunas de estas mantas regresaron al Archipiélago de Revillagigedo.

6.6 Análisis estadísticos

Se calculó la proporción de sexos dividiendo el número de machos entre el número de hembras “1H:?M” (Marshall *et al.,* 2011a) y se realizó una prueba de Chi-cuadrada con un $\alpha = 0.05$ (Zar, 2010).

VII. RESULTADOS

7.1 Individuos identificados

Después de analizar 668 fotografías, se identificaron 169 individuos diferentes de *M. birostris* para la temporada 2015-2016 (Anexos 1, 2 y 3). El número de individuos identificados por mes en Revillagigedo (Fig. 6) mostró que febrero fue el mes más abundante con 34 mantas observadas, seguido de mayo y junio con 33 individuos cada uno, mientras que diciembre fue el mes con menor número al presentar solamente 4 individuos identificados.

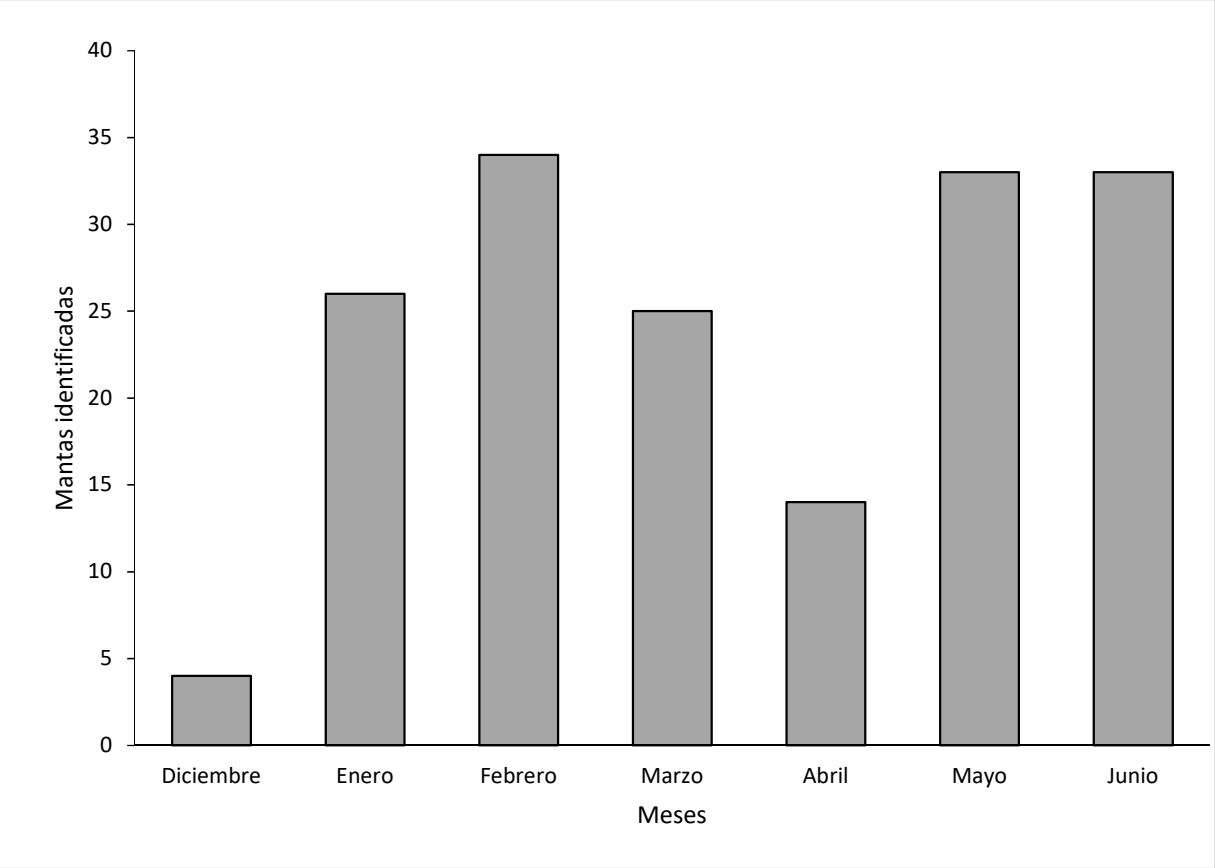


Figura 6. Identificación mensual de mantas para el Archipiélago de Revillagigedo temporada 2015-2016.

La media mensual de individuos identificados en el Archipiélago durante la temporada fue de 1.0 ± 0.40 para diciembre, 6.5 ± 2.53 para enero, 8.5 ± 2.90 para

febrero, 6.3 ± 2.78 para marzo, 3.5 ± 1.32 en abril, 8.3 ± 2.71 para mayo y 8.3 ± 4.95 para junio.

El número de individuos identificados por isla (Fig. 7), mostró que en Isla Socorro se observó un total de 27 mantas, con un valor máximo registrado de 10 para el mes de enero, seguido de febrero con seis, mientras que diciembre y junio no superaron los dos individuos y en marzo no aparecieron. En Isla San Benedicto se identificaron un total de 80 organismos, con una máxima de 23 individuos en junio, seguido de febrero y marzo con 17 y 13 individuos, respectivamente. Sin embargo, en diciembre solo se identificó una sola manta. El resto de los meses presentaron una media de 8.6 mantas identificadas. Por su parte, Roca Partida, registró 42 individuos identificados, con un valor máximo de 16 y un valor mínimo de 2 mantas en abril y ninguna en diciembre. Sin embargo, para el resto de los meses se encontró un promedio de 5.4 mantas identificadas.

Durante la temporada 2015-2016, a excepción del mes de enero, fueron identificadas 21 mantas gigantes con sitio ND (12.42% del número total de individuos identificados). Cinco individuos en mayo y uno en abril. En el resto de los meses se observaron dos mantas en diciembre, cuatro en febrero y marzo y tres en abril.

La media de individuos identificados de manera mensual por isla fue de 3.85 mantas para isla Socorro, 11.42 para San Benedicto, seis en Roca Partida y 2.71 por mes para el sitio ND.

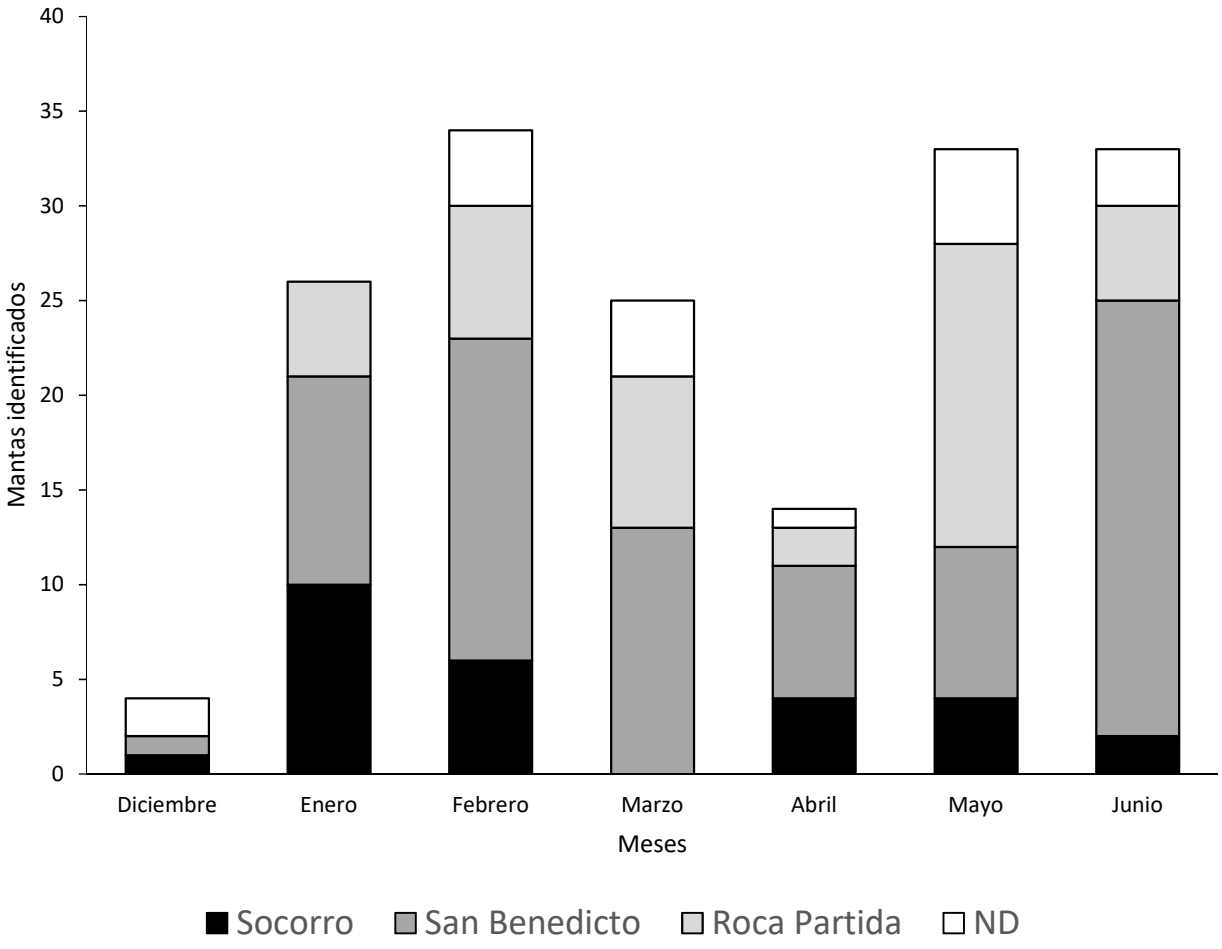


Figura 7. Identificación mensual de mantas por islas para el Archipiélago de Revillagigedo temporada 2015-2016.

7.2 Patrones de coloración

Con base en los patrones de manchas y coloración de la zona ventral de los 169 individuos diferentes, 42 presentaron el morfotipo negro y 127 el morfotipo chevrón. Ambos estuvieron presentes en las tres islas, pero el morfotipo chevrón fue el más común. En Isla Socorro se encontraron 22 mantas chevrón y seis mantas negras; en Isla San Benedicto 57 y 22; Roca Partida 35 y ocho, respectivamente. De las 19 mantas con sitio ND, se encontraron 13 mantas chevrón y 6 mantas negras.

Sin embargo, se encontró un individuo (número 62) con el patrón de coloración de *M. birostris,* pero con presencia de 74 marcas en la zona media entre los cinco pares de aberturas branquiales similares a *M. alfredi* (Anexo 2).

7.3 Proporción de sexo

Del total de mantas identificadas para la temporada 2015-2016, 74 individuos fueron hembras (43.79%), 70 machos (41.42%) y 25 organismos indeterminados (14.79%). La proporción de sexo fue de 1H:0.95M (X^2=0.11, gl=1, p=0.73).

En todos los meses analizados se encontró una mayor presencia de hembras respecto a los machos, a excepción de diciembre, enero y febrero con mayor cantidad de machos (Fig. 8). El valor máximo de hembras observadas fue de 15 mantas en los meses de mayo y junio, para machos fue de 20 mantas en febrero. Los valores mínimos se presentaron en diciembre con un organismo para cada sexo. La mayor presencia de individuos con sexo indeterminado se registró en mayo con siete individuos. Abril fue el único mes donde se logró identificar el sexo de todos los individuos observados. En general, la media mensual fue de 10.57 hembras, 10 machos y 3.57 con sexo indeterminado (ND).

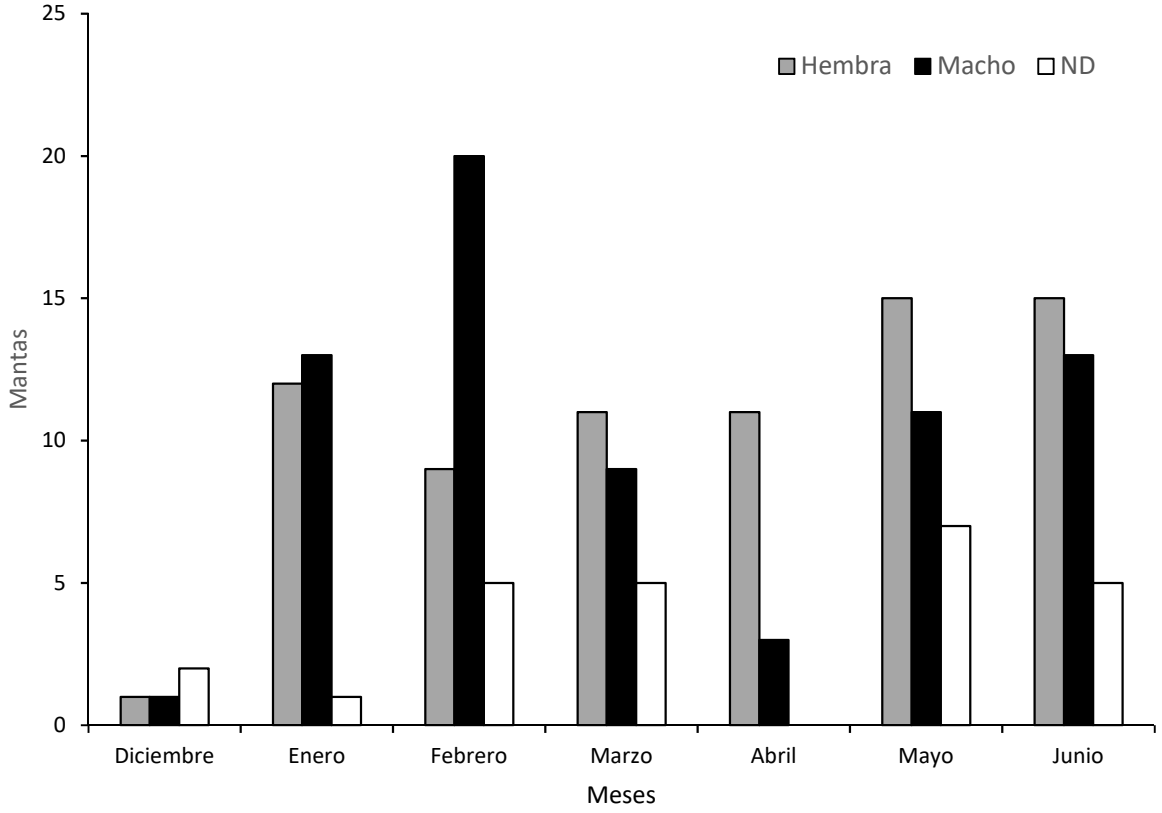


Figura 8. Individuos hembras y machos identificados por mes para el Archipiélago de Revillagigedo temporada 2015-2016.

El número de individuos identificados por sexo para cada isla para Isla San Benedicto fue de 35 hembras, 33 machos (X^2=0.01, gl=1, p=0.91) y 12 indeterminados; Roca Partida en segundo lugar con 18 hembras, 19 machos (X^2=0.06, gl=1, p=0.80) y seis indeterminados; e Isla Socorro con 13 hembras, 12 machos (X^2=0.01, gl=1, p=0.90) y dos indeterminados, tuvo la menor presencia tanto de machos como hembras de las tres islas. De las mantas observadas sin sitio establecido, se presentaron seis hembras, cinco machos y ocho individuos para los cuales no se contó con la información sobre su localidad ni el sexo (Fig. 9).

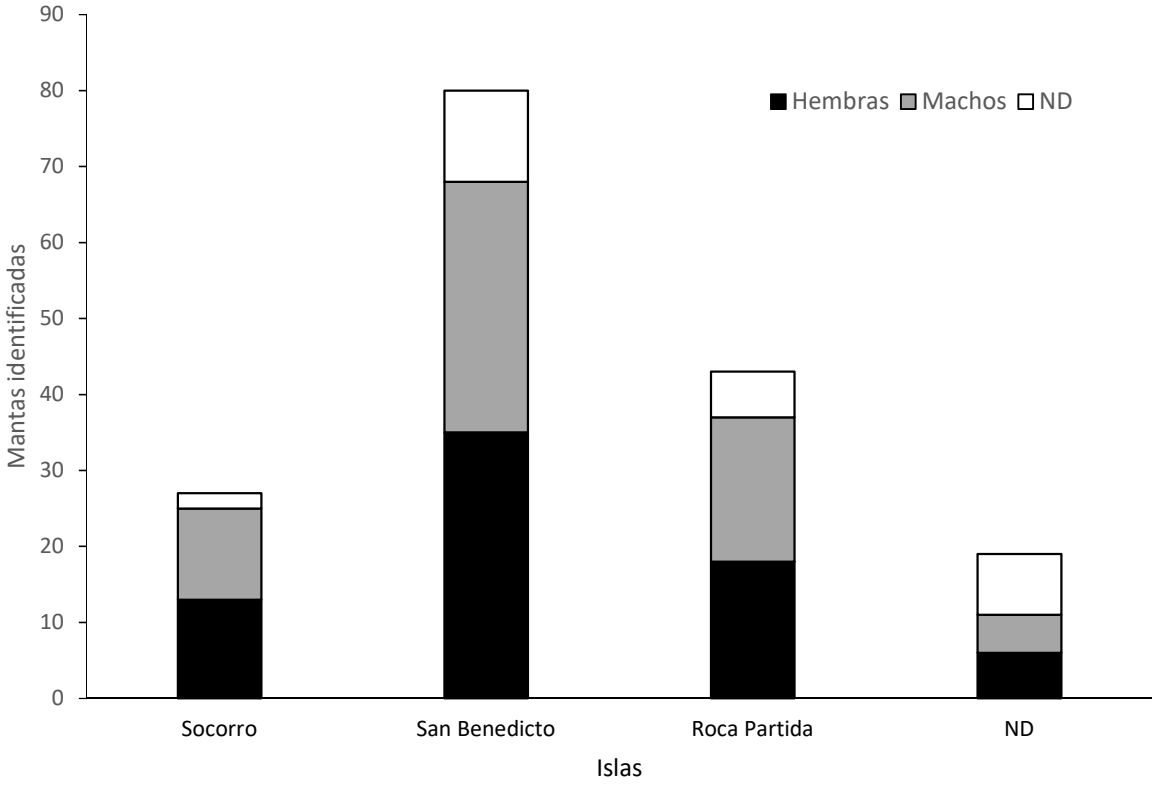


Figura 9. Individuos hembras y machos identificados por isla para el Archipiélago de Revillagigedo temporada 2015-2016.

7.4 Estimación de tamaño poblacional, abundancia y recaptura

La población estimada (Nˆ) para Revillagigedo fue de 306.73 (EE = 0.0002, 95%, Intervalo de Confianza = 304.35 – 309.15).

De los 169 individuos identificados se obtuvieron 241 avistamientos durante la temporada 2015-2016 ya que 48 mantas fueron observadas al menos en una ocasión más (recaptura). Cada mes fueron vistos nuevos individuos en relación con meses anteriores. Sin embargo, las abundancias total y mensual en Revillagigedo por isla se determinaron a partir de las mantas recapturadas por fotografía en meses distintos a su primera captura (Fig. 10). Junio fue el mes más abundante con 44 mantas recapturadas, seguido de mayo con 41 individuos. Diciembre 2015 fue el mes con menor abundancia al presentar solamente 4 animales. La media mensual de 29.85 mantas.

Las recapturas se presentaron a partir del mes de febrero, pero marzo con 12, fue el mes con mayor número de estas. Junio presentó 11 recapturas, y abril, con el menor número de recapturas, únicamente presentó 4 (Fig.10).

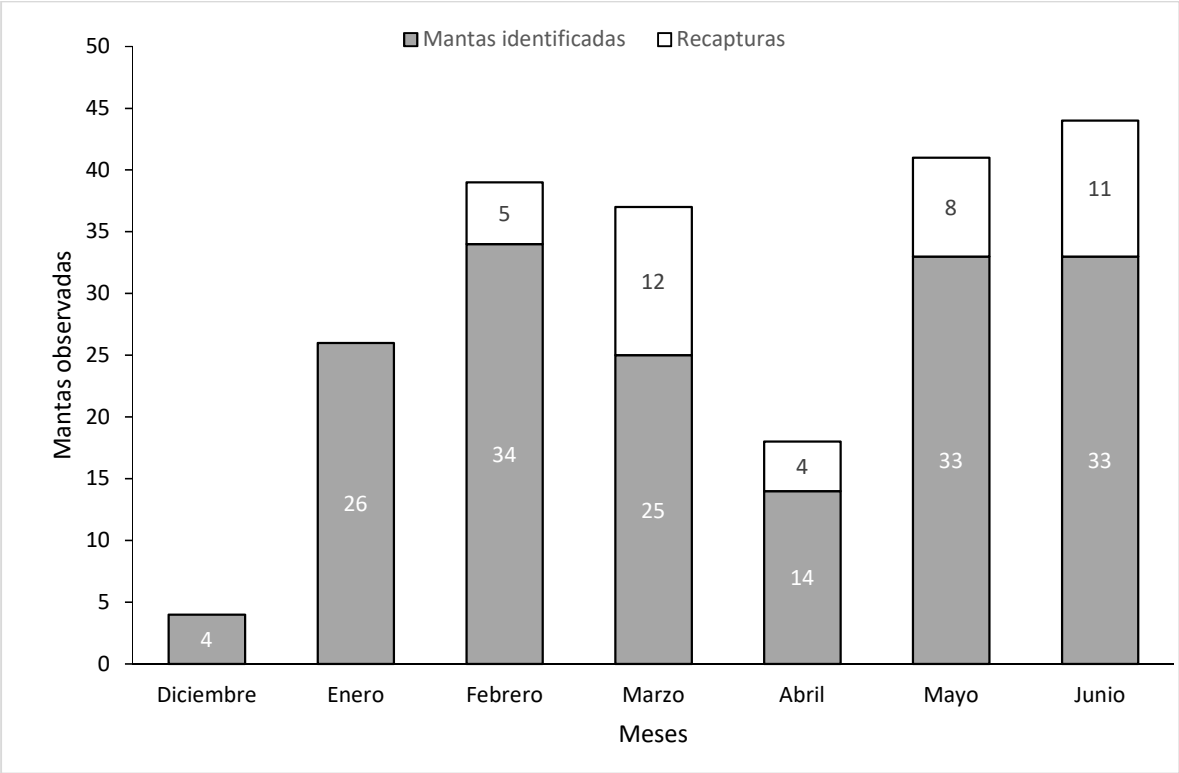


Figura 10. Mantas observadas mensualmente en el Archipiélago de Revillagigedo temporada 2015-2016.

La abundancia por isla mostró que en Isla Socorro se observaron 41 individuos; el valor máximo registrado fue de 10 para el mes de enero y el valor mínimo fue de un individuo en diciembre. En Isla San Benedicto la abundancia fue de 94 organismos observados, con una máxima de 27 individuos en junio, seguido de febrero con 20 y marzo con 16 mantas, y en abril solamente se observaron siete individuos. Por su parte, Roca Partida, registró una abundancia máxima de 52 individuos con un valor máximo de 17 en mayo, 10 para marzo y junio, y solo tres en abril. Diciembre fue el mes con menor abundancia de la temporada para todas las islas, en Socorro y San Benedicto se observó una manta mientras que fue nula la observación en Roca Partida. Además, se observaron 22 mantas con sitio de avistamiento No Definido.

La media de individuos observados de manera mensual por isla fue de 5.85 para isla Socorro, 13.42 para San Benedicto, 8.66 en Roca Partida y 3.66 por mes para sitio ND.

Con base en los 48 individuos observados mas de una vez, se registraron 71 recapturas a lo largo de las 31 semanas de la temporada; 35 mantas se observaron una sola ocasión, siete en dos ocasiones, tres en tres, y como valor mínimo hubo cinco recapturas de una sola manta (Anexo 1). Las recapturas se presentaron en todos los meses a excepción de diciembre y enero (Fig. 10), y marzo fue el mes con mayor número de recapturas con 12. San Benedicto fue la isla con el mayor número de recapturas con un total de 15. En Isla Socorro se registraron 13 recapturas, en Roca Partida se recapturaron a 9 mantas y en sitios ND un total de tres mantas. Además, se recapturaron 26 hembras, 18 machos y 7 ND a lo largo de la temporada.

7.5 Estacionalidad y patrones de movimiento

La permanencia promedio de las 48 mantas vistas en más de una ocasión en el archipiélago fue 7.8 ± 3.8 semanas por individuo. Además, 31 mantas fueron re-observadas en el sitio de primera captura. Las observaciones fueron en meses diferentes o separados entre sí, es decir, las recapturas abarcan de 2 hasta 19 semanas entre un avistamiento y otro (Fig. 11). Hay dos casos particulares de mayor duración: la manta número 1 vista el 8 de diciembre 2015, 17 de febrero, 14 de

marzo, 22 de mayo y 28 de junio de 2016, con permanencia durante toda la temporada en el archipiélago y la manta número 5 con presencia desde enero hasta junio (Anexo 1; Fig. 11).

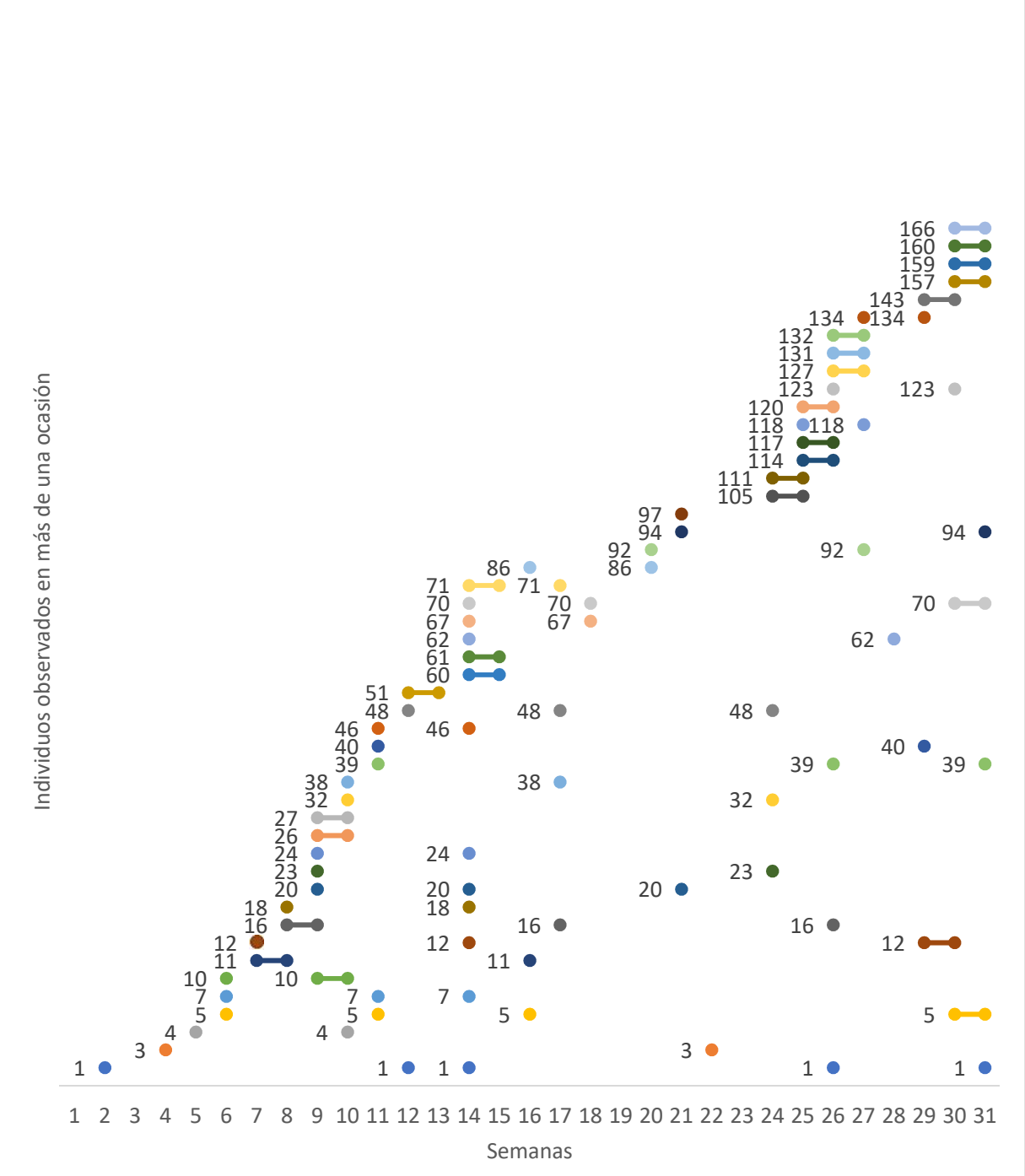


Figura 11. Tiempo de residencia de las mantas gigantes recapturadas en la temporada 2015-2016.

De los 48 individuos vistos en más de una ocasión, 23 mantas mantuvieron preferencia por una misma isla; cuatro de ellas en Isla Socorro (tres de ellas en Cabo Pearce y una en Punta Tosca; Anexo 1). En isla San Benedicto ocho mantas se mantuvieron en El Boiler y una en El Cañón (Anexo 1). Para Roca Partida 10 fue el número de mantas que se observaron únicamente en el sitio (Anexo 1). El resto de los individuos fueron registrados en al menos dos islas diferentes y se establecieron posibles rutas de distribución entre estas (Fig. 12), que a continuación se describen: Socorro (S), San Benedicto (SB), Roca Partida (RP);

- De S a SB: tres de Cabo Pearce hacia El Boiler y una manta con sitio ND en Socorro hacia El Boiler.
- De S a RP: uno desde Cabo Pearce y otro desde Punta Tosca, ambos hacia Roca Partida.
- De SB a S: todos desde El Boiler, cuatro hacia Cabo Pearce y uno hacia Punta Tosca.
- De SB a RP: tres desde El Boiler.
- De RP a S: una manta.
- De RP a SB: dos hacia El Boiler.

Sin embargo, también se observaron organismos que solamente fueron vistos dentro de una misma isla y presentaron movimientos. Para Socorro hubo dos movimientos, uno desde Cabo Pearce hacia Roca O'Neal y otro desde Punta Tosca hacia Roca O´Neal (Fig. 13). Para San Benedicto se registraron tres movimientos desde El Boiler hacia El Cañón y uno en sentido contrario, además de un desplazamiento desde Las Cuevitas hacia El Cañón (Fig. 13).

Los viajes de mayor distancia se dieron desde Roca Partida hacia El Boiler (Isla San Benedicto) y en dirección opuesta, con aproximadamente 137 km de distancia entre ambos sitios, además de un viaje de 110 km desde Roca Partida hacia Punta Tosca en Isla Socorro. Un dato curioso obtenido fue el viaje de aproximadamente 60 km realizado por una manta gigante hembra cuya presencia fue observada en 28 de junio en Cabo Pearce (Isla Socorro), pero al día siguiente el 29

del mismo mes fue observada en El Boiler, San Benedicto, con un recorrido de 60 km de un día a otro.

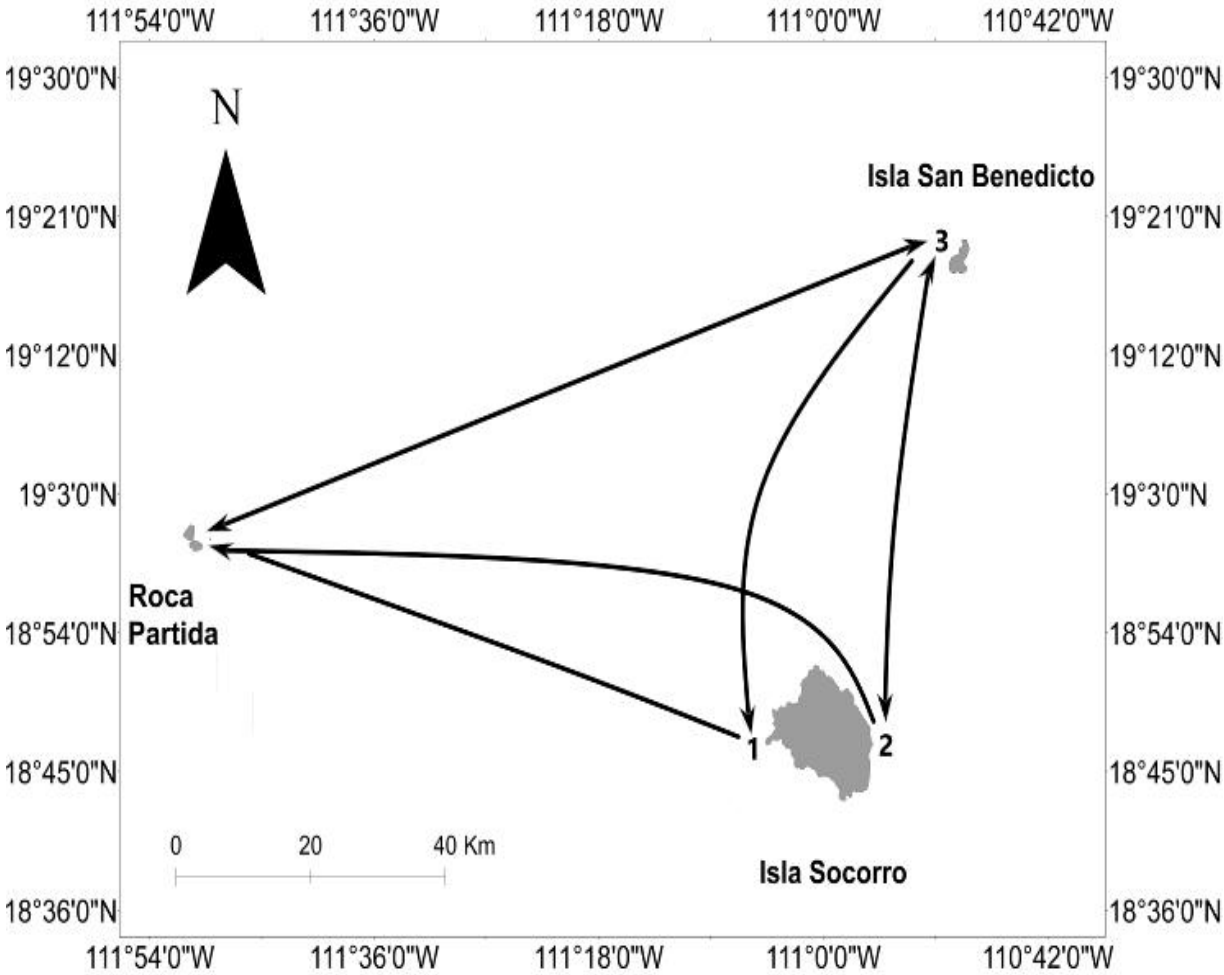


Figura 12. Desplazamientos sugeridos encontrados de las mantas entre islas del Archipiélago de Revillagigedo temporada 2015-2016. 1: Punta Tosca, 2: Cabo Pearce, 3: El Boiler.

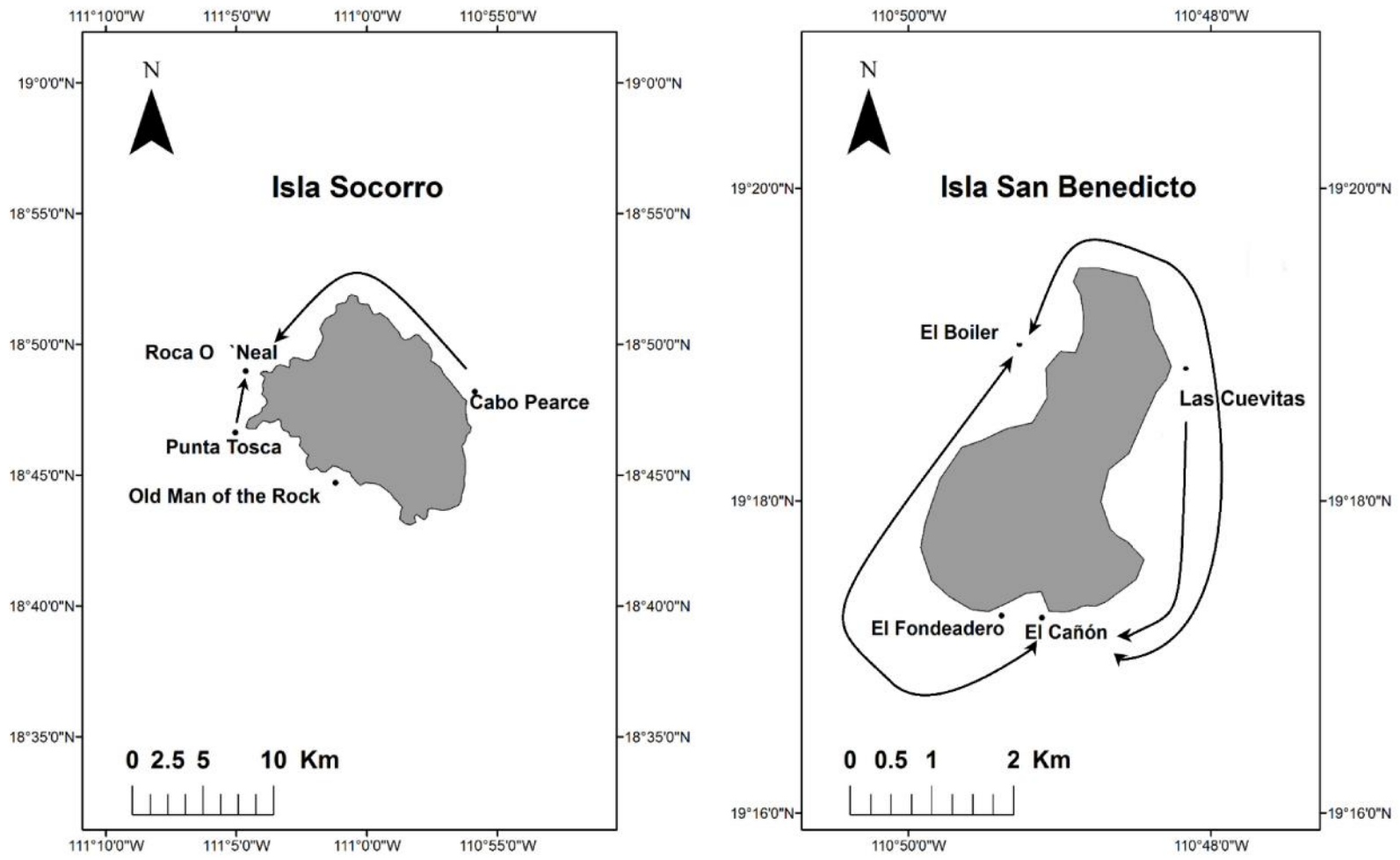


Figura 13. Desplazamientos sugeridos de las mantas observadas en una sola isla; Isla Socorro e isla San Benedicto.

7.6 Línea base de monitoreo

Los 169 individuos de *M. birostris* identificados para la temporada 2015-2016 fueron considerados como línea base para el monitoreo de la especie en el archipiélago. Pero adicionalmente se obtuvieron fotografías de 45 individuos observados previamente al periodo de estudio, sin periodicidad en la toma de estas. De estos, 11 se observaron en la temporada 2015-2016, mientras que las 34 mantas restantes no (Tabla I y Anexo 1). Durante este periodo solo una manta (#69; Anexo 1 y 2) fue documentada en tres años diferentes (2012, 2015 y 2016).

Tabla I. Mantas identificadas en la temporada 2015-2016 observadass en años anteriores.

Año	Mantas observadas por año	Mantas identificadas en la temporada 2015-2016
2015	25	4
2014	5	4
2013	11	2
2012	3	1
2010	1	0

VIII. DISCUSIÓN

8.1 Foto identificación

En los últimos 15 años la foto identificación a partir de marcas naturales o de depredación se ha convertido en un recurso ampliamente utilizado para estudiar aspectos ecológicos y biológicos de diversas especies de elasmobranquios (Domeier y Nasby-Lucas, 2006; Speed *et al.,* 2007; Marshall, 2008; Bansemer y Bennett, 2008; Brooks *et al.,* 2010; Kitchen-Wheeler, 2010). Esta actividad tiene sus ventajas frente a otros métodos como las marcas acústicas y satelitales, ya que es una actividad alternativa no intrusiva de bajo costo y útil para marcaje de captura y recaptura de individuos (Bansemer y Bennett, 2008). Además, esta puede proveer información sobre estructura y composición poblacional como el tamaño de madurez, tiempo de gestación, estado de salud de los individuos (alimentación) dentro de un área específica de estudio y detectar interacciones depredador presa (Marshall y Pierce, 2012). También puede ser empleada dentro de los modelos de captura-recaptura para analizar estacionalidad poblacional y patrones de movimientos dentro de un área de estudio, de utilidad para entender aspectos ecológicos y manejo de la especie (Marshall y Pierce, 2012). El aporte de esta técnica facilita el reconocimiento y los re-avistamientos de los individuos a lo largo de la temporada mediante las marcas naturales y los patrones de coloración presentes en cada uno de los individuos, permitiendo un seguimiento poblacional en los sitios de agregación (Marshall, 2008).

La captura de fotografías de la zona ventral de las mantas gigantes puede realizarse por cualquier tipo de personas, incluso con poca experiencia, lo cual amplía la oportunidad de obtención de información para realizar la foto identificación (Brooks *et al.,* 2010). Por otro lado, una desventaja de la utilización de fotografías como marcaje, es que puede llevar a la pérdida de información cuando estas son de mala calidad, se capturan con un ángulo erróneo o simplemente el animal no aparece durante el tiempo de buceo (Yoshizaki, 2009). Estos tipos de sesgos se presentaron durante el análisis fotográfico, sin embargo, la ventaja fue que en los cruceros se proveen grandes cantidades de fotografías de diferentes personas

(buzos) que toman foto a un mismo animal, generalmente de buena calidad, lo que facilita la obtención de la “fotografía ideal” al poder escoger la fotografía más útil y de mejor ángulo para identificar a los individuos.

Se ha encontrado que las mantas pueden llegar a presentar cambios en el tono de coloración de blanco a color grisáceo en los hombros, aletas dorsales y en aletas cefálicas, pero estos no influyen sobre los patrones de coloración de la zona ventral (Ari, 2014), por lo que usar esta zona ayuda a descartar la posibilidad de que los organismos fotografiados hayan sido censados o identificados en más de una ocasión como organismos diferentes. Los patrones de manchas y coloración de la zona ventral son únicos en cada una de las mantas, siendo una técnica efectiva para identificar entre individuos.

8.2 Morfotipo

Los organismos fotografiados en las tres islas de Revillagigedo cumplieron con los patrones de coloración ventrales establecidos por Marshall *et al.* (2009) tanto para mantas chevrón como mantas negras de *M. birostris*. Un estudio en Revillagigedo encontró a partir de 127 individuos identificados que el porcentaje de mantas chevrón es tres veces mayor que las mantas negras (Rubin y Kumli, 2002) proporción similar a nuestros resultados que demuestran que del total de organismos identificadas el 75.15% corresponde a mantas chevrón y el 24.85% de mantas negras. La proporción entre morfotipos se mantiene a pesar de que ambos estudios presentan diferentes tamaños de muestra, pero se desconoce si esta tendencia se mantiene a través de los años.

Las características descriptivas de coloración para *M. birostris* hacen referencia a que esta no presenta manchas en la zona media entre los cinco pares de branquias como la especie *M. alfredi* (Marshall *et al.,* 2009). Por tanto, se podría pensar que la manta observada (Anexo 1 y 2, manta #62) con las características de ambas especies podría ser el primer registro fotográfico de hibridación de *M. birostris* y *Manta alfredi* para el Archipiélago de Revillagigedo. Sin embargo, es necesario complementar esta información con un análisis genético para determinarlo al igual

que Walter *et al.* (2013) quienes encontraron un organismo híbrido entre ambas especies a partir del gen mitocondrial ND5 y el gen nuclear RAGI.

8.3 Determinación del sexo

La segregación sexual es común en los elasmobranquios (Wearmouth y Sims, 2008; Marshall y Bennet, 2010) pero pocos son los estudios sobre la estructura poblacional en proporción de sexo para *M. birostris*. En el Caribe mexicano se ha encontrado una proporción 7H:1M (Martínez-Urrea, 2013), para Mozambique de 3.54H:1M (Marshall, 2008). Proporción lejana a lo reportado en el presente estudio (1H:0.95M) y cercana a los registros para una población identificada de 101 individuos en Japón, tras 20 años de estudio (Ito, 2000) y en Sudáfrica, a partir de mantas capturadas en redes de protección para bañistas 1.25H:1M (Young, 2001). Sin embargo, la proporción encontrada para Revillagigedo durante la temporada 2015-2016, demuestra que no existe segregación sexual para las mantas posiblemente porque estas se reúnen con fines reproductivos o alimenticios.

Ogasawara, Japón es el único sitio donde se ha observado la copulación de *M. birostris* (Yano *et al.,* 1999) pero no se cuenta con la proporción sexual para dicha área. Marshall (2008) menciona que existe segregación sexual en pro de las hembras en Mozambique, donde encontró dos hembras preñadas, sin observación de actos copulatorios, descartando la posibilidad de un área de reproducción. Pero la proporción cercana a uno, la presencia de organismos de ambos sexos en estado reproductivo (gonopterigios calcificados en machos, tamaño de madurez sexual) y observaciones de comportamientos reproductivos entre machos y hembras con nados rápidos y giros donde el macho sigue a la hembra (Yano *et al.* 1999; Marshall, 2008; Marshall y Bennet, 2010), posicionan al Archipiélago de Revillagigedo como un área potencial de reproducción para la manta gigante en el Pacífico mexicano. Sin embargo, la caracterización de un sitio como área de reproducción también debe considerar la presencia de hembras grávidas con embriones en etapas tempranas de desarrollo y hembras con cicatrices de copulación (Castro, 1993), para lo que no se encontraron evidencias fotográficas durante el presente estudio a pesar de que Marshall (2008) observó cicatrices en los gonopterigios de machos en Revillagigedo,

señal de copulación reciente. Aporte que da fortaleza del sitio como área reproductiva.

La generación de estudios con enfoque cuantitativos para identificar áreas de crianza en tiburones y rayas tienen como base tres factores: los individuos menores a un año son más comunes de encontrar en esta área que en otras, con una proporción superior al 60% respecto a individuos maduros; los individuos presentan una tendencia a permanecer o regresar por largos periodos (semanas o meses); y el hábitat es usado repetidamente a través de los años (filopatría) (Heupel *et al.,* 2007; Kinney y Simpfendorfe, 2009). Para *M. birostris* aún no se han encontrado sitios que cumplan los criterios cuantitativos para determinar alguna área de crianza (Marshall, 2008) pero en el presente estudio se encontró una permanencia de hasta 7 meses en el archipiélago e individuos que han regresado a través de los años a Revillagigedo. Sin embargo, la localización de una posible área de crianza para *M. birostris* en las tres islas estudiadas es incierta, pero no se descarta. Realizar estudios en Isla Clarión resulta una opción viable para determinar si se desplazan hacia esta isla para reproducirse y/o tener a sus crías.

La caracterización del sexo en elasmobranquios hace referencia a que los machos maduros presentan una proyección de los gonopterigios que sobresale del cuerpo del animal por lo que a los organismos no identificados se les podría considerar hembras (Sims, 2005; Marshall y Bennet, 2010). Esta caracterización podría llevar a un error dado que durante el análisis fotográfico se encontraron machos con gonopterigios en estados tempranos de madurez (semi calcificados) que no sobresalieron del cuerpo del animal, por tanto, se optó por considerar a los individuos dudosos con sexo indeterminado para no hacer sobreestimaciones en la diferenciación de sexo. En este caso, los re-avistamientos captados en fotografía permitieron determinar el sexo de individuos, a los cuales no se les logró identificar el sexo en su primera captura. Dicha correción fue aplicada para el presente estudio. La nula identificación del sexo tuvo mayor presencia en mantas con morfotipo negro, debido a que los tonos oscuros del animal dificultan la identificación de los órganos reproductores.

8.4 Tamaño poblacional y abundancia

El estimado poblacional para el Archipiélago de Revillagigedo fue de 306.73 individuos, valor mayor al número de organismos identificados durante el periodo de estudio (169 individuos). Cada mes se observaron nuevas mantas y los re-avistamientos fueron constantes a partir de febrero. En la mayoría de las poblaciones de *M. birostris* alrededor del mundo se han identificado menos de 350 individuos (Marshall *et al.,* 2011; Homma, 1999; Luiz *et al.,* 2009; Clark, 2010; Clarke *et al.,* 2005) por lo que se considera que estas son menores de mil individuos a nivel mundial (Marshall *et al.,* 2011) a excepción de la población de mantas en Maldivas donde se conoce que es mayor a mil (Kitchen-Wheeler*,* 2008). Los 169 individuos identificados durante la temporada 2015-2016 en Revillagigedo se encuentran dentro del intervalo estimado poblacional a nivel mundial (mencionado anteriormente), y representan un 34.48% en comparación con los 490 organismos identificados por el *Pacific Research Group* entre 1988 y 2014 para Revillagigedo (Rubin *et al.,* 2014 en prensa) pero se desconoce si estas mantas identificadas son las mismas.

Se piensa que los cambios estacionales en la abundancia de las mantas están asociados con la temperatura del agua, la productividad primaria y estaciones del año (Clark, 2010; Duffy y Abbott, 2003; Dewar *et al.*, 2008; Luiz *et al.*, 2009). Sin embargo, el bajo número de avistamientos de mantas gigantes en diciembre se puede atribuir al esfuerzo realizado durante dicho mes, ya que a pesar de que la temporada en Revillagigedo abarca principalmente las estaciones de invierno y primavera, los cambios en la abundancia mensual no presentaron fluctuaciones significativas durante el resto de los meses de estudio. Además, aunque la temperatura puede ser factor, las mantas gigantes tienen un intervalo de temperatura entre los 20.2 y 30°C (Dewar *et al.*, 2009). Es necesario realizar estudios para determinar si la productividad primaria u otros factores propician o impiden la presencia de manta gigante en la zona.

Es un hecho que las mantas tienen preferencias por algunos sitios dentro de un área determinada de acuerdo con las estaciones del año (Dewar *et al.,* 2008). En Revillagigedo las mantas tienen preferencia por Isla San Benedicto, probablemente porque esta isla más cercana al continente influenciada principalmente por la

Corriente de California que trae aguas con aguas frías ricas en nutrientes (Aguirre-Muñoz *et al.* 2015; Kessler, 2006). Por tanto, la presencia de productividad primaria alrededor de la isla podría actuar como elemento clave que influiría directamente en la presencia de mantas gigantes con fines alimenticios, o que este sitio sea un posible sitio de arribo al archipiélago para las mantas desde algún otro lugar.

8.5 Estacionalidad y Patrones de movimiento

La escasa información respecto a tiempos de permanencia y patrones de movimiento en sitios específicos en *M. birostris* la ha catalogado principalmente como una especie de hábitos pelágicos, asociada comúnmente a islas oceánicas, zonas de gran productividad y pocos son los sitios a nivel mundial donde presentan fidelidad (Marshall, 2008; Clark, 2010; Kashiwagi *et al.* 2011). La fidelidad a sitios para *M. birostris* se ha demostrado entre un 7-40% de los organismos identificados, con cambios en abundancia estacionales en diferentes sitios como Nueva Zelanda (Duffy y Abbott, 2003), Hawaii (Clark, 2010), Mozambique (Marshall, 2008) y Brasil (Luis *et al.,* 2009). En Revillagigedo la fidelidad encontrada fue de 28% a partir de las fotografías tomadas en diferentes fechas. Además, 11 de estas mantas ya habían sido vistas en años anteriores, demostrando con esto, que existe fidelidad al archipiélago por parte de esta especie.

La permanencia promedio de las mantas en el archipiélago fue de 7.8 semanas (aproximadamente 55 días; con registro máximo de 210 días) y al menos 31 individuos fueron re-observadas en el sitio de primera captura. Si consideramos que las mantas pueden permanecer entre 36 (Clark, 2010) y más de 300 días cerca de sus sitios de primer avistamiento (Kitchen-Wheeler *et al.,* 2011; Dewar *et al.,* 2008), el hecho de no volver a observar mantas durante algunos meses o semanas consecutivas no significa que estas estén ausentes de Revillagigedo, puesto que existe la posibilidad de que se muevan a otras partes del archipiélago o mayor profundidad en busca de alimento (Clark, 2010; O'shea *et al.,* 2010; Stewart *et al.,* 2016). El resto de las mantas que solo se observaron en una ocasión podrían ser transitorias (Dewar *et al.,* 2008) quienes podrían utilizar las islas como zona de refugio temporal o estaciones de limpieza. Además, la estacionalidad de las mantas

gigantes ha sido documentada en diversas localidades con largos periodos de duración y una ocurrencia de hasta cuatro años en la misma área (Dewar, 2008; Marshall, 2008; Luiz *et al.,* 2009; Clark, 2010; Girondot *et al.,* 2015; Medeiros *et al.,* 2015). A pesar de que en esta tesis no se realizó una comparación de permanencia de mantas en Revillagigedo entre dos o más años, se demostró con las fotografías previas a la temporada 2015-2016 que algunas mantas han sido observadas en el sitio por periodos de uno, dos y hasta cuatro años. Sin embargo, incluso con el registro de una manta (#69; Anexo 1; Anexo 2) durante tres años, resulta incierto si algunos organismos permanecen en Revillagigedo o si lo visitan de manera anual.

Se ha documentado que las mantas gigantes que presentan mayor duración dentro en un área suelen visitar más de dos sitios (Dewar *et al.,* 2008). En Revillagigedo, los sitios con mayor presencia de mantas fueron El Boiler (Isla San Benedicto), Roca Partida y Cabo Pearce (Isla Socorro), pero los movimientos entre islas fueron limitados debido a que solamente 17 mantas fueron observadas en más de una isla, indicativo de la existencia de conectividad entre las islas analizadas. Pero para otras 5 mantas se registraron desplazamientos en sitios de una misma isla y las otras 23 mantas se observaron en los mismos sitios, sin cambios aparentes de distribución, denotando preferencia sobre una isla en particular.

La distancia de los desplazamientos realizados por las mantas entre las tres islas fue de entre 60-150 km, distancia dentro del intervalo en los registros máximos reportados para una migración de 350 km (Homma *et al.,* 1997) y de un individuo que recorrió 1,000 km (Mundy-Taylor y Crook, 2013). La búsqueda de alimento y rotación en el uso de estaciones de limpieza (Dewar *et al.,* 2008) pueden ser factor sobre los movimientos registrados para las mantas gigantes en Revillagigedo. El apareamiento puede ser otra causa, ya que en lugares como Roca Partida y El Boiler (Isla San Benedicto) se observaron comportamientos de cortejo, similares a los descritos para la especie por Yano *et al.* (1993).

8.6 Manejo del recurso

La predicción de la distribución espacial de mantas gigantes tiene implicaciones directas para su conservación y manejo (Dewar, 2008). *M. birostris* es

uno de los atractivos principales del Archipiélago de Revillagigedo (O'Malley *et al*, 2013; Ruiz-Sakamoto, 2015), y se pretende que por medio de su conservación y la información generad, siga siendo un recurso de importancia presente en las islas por muchos años más. La generación de información relacionada a la temporalidad, sitios de mayor agregación y estudios complementarios será de utilidad para llevar un buen manejo y conservación de la manta gigante en Revillagigedo.

El buceo y ecoturismo con mantas gigantes es una actividad consolidada en diversas partes del mundo, no exentas de los efectos negativos de la pesca legal e ilegal que afecta directamente sus poblaciones (Anderson *et al.,* 2010; Deakos, 2011; Marshall, 2011; O'Malley *et al.,* 2013; Stewart *et al.,* 2016). La pesca ilegal en Revillagigedo es una realidad. Existe evidencia fotográfica y testimonios de la presencia de barcos atuneros y de pesca deportiva en el área protegida (documental: La última frontera, Televisa-Por el Planeta) lo cual podría estar afectando a las poblaciones de mantas, tiburones y otras especies. En el análisis fotográfico del presente trabajo se encontró una manta con una línea y anzuelo en una de sus aletas pectorales. Sin embargo, el turismo actúa como un repelente natural de las amenazas como la pesca ilegal debido a que los barcos de buceo viva abordo presentes en Revillagigedo ahuyentan de manera indirecta a las embarcaciones de pesca comercial y deportiva para que no se adentren a practicar pesca ilegal dentro de las zonas de protección, y cuando estos son vistos dentro de las zonas protegidas, son reportados por los mismos prestadores de servicios ante el personal de la Secretaría de Marina con base en Isla Socorro, ofreciendo un tipo de vigilancia en la zona (observación personal). Asimismo, es importante la colaboración de investigadores y la opinión pública para los planes de manejo de las mantas y fauna asociada (Simpfendorfer, 2011). Por esto, los prestadores de servicios se preocupan por mantener el recurso que le provee ingresos, al crear conciencia sobre el cuidado de mantas y otras especies en la zona a través de charlas sobre el cuidado y buenas prácticas antes de salir a bucear (Anderson *et al.,* 2010; Deakos, 2011; observación personal), diferente a lo ocurrido en Maldivas donde generalmente los prestadores de servicio ofrecen poca información, previo al buceo con las mantas (Anderson *et al.,*

2010). En efecto, las buenas prácticas del ecoturismo para no generar impactos negativos a los animales y su hábitat son llevados de forma correcta.

El Parque Nacional Revillagigedo conformado por un polígono de 14.8 millones de hectáreas cuya protección abarca las cuatro islas del archipiélago y una porción marina, libre de cualquier actividad pesquera (DOF, 2017), funcionará como una zona de refugio para las especies pelágicas que habitan el archipiélago, entre las que se encuentran las mantas gigantes, tiburones y atunes que realizan desplazamientos entre las islas de Revillagigedo (Fig. 13), con fines reproductivos o alimenticios (ej: Naylor *et al.,* 2012; Lara Lizardi *et al.,* 2016). Así, los riesgos potenciales provocados por la pesca deportiva y comercial pasarán a segundo plano, permitiendo que la conectividad entre islas perdure.

IX. CONCLUSIONES

- Se identificaron 169 individuos de manta gigante en Revillagigedo para la temporada 2015-2016, Isla San Benedicto con 94 mantas presentó el mayor número de individuos.
- La proporción de 1H:0.95M y actos de cortejo entre mantas gigantes encontrados para el archipiélago, posicionan al Parque Nacional Revillagigedo como una posible área de reproducción para *M. birostris* en el Pacífico mexicano.
- El área libre de pesca dentro del Parque Nacional Revillagigedo ayudará a que la conectividad insular encontrada de las mantas entre entre Isla San Benedicto, Roca Partida e Isla Socorro, así como la permanencia de algunos individuos a una sola isla, perduren.
- El catálogo fotográfico se generó y será compartido para realizar trabajos colaborativos para la conservación y manejo de *M. birostris.*

X. BIBLIOGRAFÍA

Aguirre Muñoz A, Méndez Sánchez F, Ortiz Alcaraz A, Del Mazo Maza A, Fueyo Mac Donald F, Rhodes Espinoza A, Bellot Rojas M, Bermúdez Almada B, Navarro Sánchez MJ, Gallina Tessaro MP y García Martínez SA (Eds.). 2015. Formulario de Nominación del Bien Natural "Archipiélago de Revillagigedo" para su Inscripción en la Lista del Patrimonio Mundial, presentado al Centro de Patrimonio Mundial de la UNESCO. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C. Ensenada, Baja California, México. 149 pp. + 5 Anexos.

Álvarez del Villar J. 1978. Los Cordados. Origen, evolución y hábitos de los vertebrados. Ed. CECSA. México. 372pp.

Anderson C y Waheed A. 2010. The economics of shark and ray watching in the Maldives. Shark News, 13: 1-3.

Ari C. 2014. Rapid coloration changes of manta rays (Mobulidae). Biological journal of the Linnean Society, 113(1): 180-193.

Bansemer CS y Bennett MB. 2008. Multi-year validation of photographic identification of grey nurse sharks, *Carcharias taurus*, and applications for non-invasive conservation research. Marine and Freshwater Research, 59(4), 322-331.

Brattstrom BH. 1990. Biogeography of the Islas Revillagigedo, Mexico. Journal of Biogeography, 17: 177-183.

Brooks K, Rowat D, Pierce SJ, Jouannet D y Vely M. 2010. Seeing spots: photo-identification as a regional tool for whale shark identification. Western Indian Ocean Journal of Marine Science, 9(2): 185-194.

Bussing WA y López MI. 2005. Fishes of Cocos Island and reef fishes of the Pacific coast of lower Central America (Vol. 53, No. 2). Editorial Universidad de Costa Rica. 192pp.

Camhi MD, Valenti SV, Fordham SV, Fowler SL y Gibson C. 2009. The conservation status of pelagic sharks and rays: report of the IUCN shark specialist group pelagic shark red list workshop. IUCN Species Survival Commission Shark Specialist Group. Newbury, UK. x+ 78p.

Castellanos-Vera A y Arnaud G. 1995. Introducción. En: A Ortega, A Castellanos y G Arnaud. 1995. Estrategia para el manejo de la Reserva de la Biosfera Archipiélago de Revillagigedo, México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. 113pp.

Castro JL. 1993. The shark nursery of Bulls Bay, South Carolina, with a review of the shark nurseries of the southeastern coast of the United States. Environmental.gy of Fishes, 38: 37- 48.

Clark TB. 2010. Abundance, home range, and movement patterns of manta rays (*Manta alfredi, M. birostris*) in Hawai'i. Doctoral dissertation. University of Hawaii at Manoa. 149pp.

Clarke S, Burgess GH, Cavanagh RD, Crow G, Fordham SV, McDavitt MT, Rose DA, Smith M, Simpfendorfer CA. 2005. Socio-economic significance of chondrichthyan fish, pp. 19-47. En: Marshall AD. 2008. Biology and population ecology of *Manta birostris* in southern Mozambique. PhD Thesis. University of Queensland. 278pp.

Compagno LJV. 1999. Systematics and body form. En: Marshall AD. 2008. Biology and population ecology of *Manta birostris* in southern Mozambique. PhD Thesis. University of Queensland. 278 p.

CONANP. 2004. Programa de conservación y manejo reserva de la biosfera Archipiélago de Revillagigedo.Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Jaras Impresores S.A. de C.V. México. 220pp.

CONAPESCA-INP. 2004. Plan de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y Especies Afines en México. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca e Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de

Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Mazatlán, México. 85pp.

Coria-Benet, R. 1995. Climatología. Páginas: 71-76. En: A Ortega, A Castellanos y G Arnaud. 1995. Estrategia para el manejo de Reserva de la Biosfera Archipiélago de Revillagigedo, México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. 113pp.

Couturier LIE, Marshall AD, Jaine FRA, Kashiwagi T, Pierce SJ, Townsend KA, Weeks SJ, Bennett MB, y Richardson AJ. 2012. Biology, ecology and conservation of the Mobulidae. Journal of Fish Biology. 80: 1075-1119

Deakos M, Bajes J y Bejder L. 2011. Characteristics of a manta ray *Manta alfredi* population off Maui, Hawaii, and implications for management. Marine Ecology Progress Series 429: 245-260.

Dewar H, Mous P, Domeier M. 2008. Movements and site fidelity of the giant manta ray, *Manta birostris*, in the Komodo Marine Park, Indonesia. Mar Biol 155: 121-133.

DOF. 2007. Diario Oficial de la Federación. SAGARPA. Norma Oficial Mexicana NOM-029-PESC-2006. Pesca responsable de tiburones y rayas. Especificaciones para su aprovechamiento.

DOF. 2017. Diario Oficial de la Federación. Decreto por el que se declara como área natural protegida, con el carácter de Parque Nacional, la región conocida como Revillagigedo, localizada en el Pacífico Mexicano.

Domeier ML y Nasby-Lucas N. 2007. Annual re-sightings of photographically identified white sharks (*Carcharodon carcharias*) at an eastern Pacific aggregation site (Guadalupe Island, Mexico). Marine Biology, 150(5): 977-984.

Duffy CA y Abbott D. 2003. Sightings of mobulid rays from northern New Zealand, with confirmation of the occurrence of *Manta birostris* in New Zealand waters.

Dulvy NK, Pardo SA, Simpfendorfer CA y Carlson JK. 2014. Diagnosing the dangerous demography of manta rays using life history theory. PeerJ, 2:1-19.

Fiedler PC y Talley LD. 2006. Hydrography of the eastern tropical Pacific: a review. Progress in Oceanography, 69(2): 143-180.

Girondot M, Bédel S, Delmoitiez L, Russo M, Chevalier J, Guéry L, Ben Hassine S, Féon H y Jribi I. 2015. Spatio-temporal distribution of *Manta birostris* in French Guiana waters. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 95(1): 153-160.

Graham RT, Witt MJ, Castellanos DW, Remolina F, Maxwell S, Godley BJ y Hawkes LA. 2012. Satellite tracking of manta rays highlights challenges to their conservation. PloS one, 7(5): e36834.

Hammond PS, Mizroch SA y Donovan GP. 1990. Individual recognition of cetaceans: Use of photo-identification and other techniques to estimate population parameters: Incorporating the proceedings of the symposium and workshop on individual recognition and the estimation of cetacean population parameters (Vol. 12). International Whaling Commission.

Helfman G, Collette B, Facey E y Bowen BW. 2009. The diversity of fishes. Biology, Evolution, and Ecology. Wiley-Blackwell, Oxford. 737p.

Heupel M, Carlson J, Simpfendorfer C. 2007. Shark nursery areas: Concepts, definition, characterization and assumptions. Mar. Ecol. Prog. Ser. 337: 287–297.

Homma K, Maruyama T, Itoh T, Ishihara H, Uchida S. 1999. Biology of the manta ray, *Manta birostris* Walbaum, in the Indo- Pacific, 209-216pp.

Ito T. 2000. Manta swims as if he flapped the wings. En: Marshall AD. 2008. Biology and population ecology of *Manta birostris* in southern Mozambique. PhD Thesis. University of Queensland. 278pp.

Johnston IM. 1931. The flora of Revillagigedo Islands. En: Ortega A, Castellanos y G Arnaud. 1995. Estrategia para el manejo de la Reserva de la Biosfera Archipiélago de Revillagigedo, México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. 113pp.

Kashiwagi T, Marshall AD, Bennet MB, Ovenden JR. 2011. Habitat segregation and mosaic sympatry of the two species of manta ray in the Indian and Pacific Oceans: *Manta alfredi* and *Manta birostris*. Marine Biodiversity Records 4: e53

Kessler WS. 2006. The circulation of the eastern tropical Pacific: A review. Progress in Oceanography, 69(2): 181-217.

Kinney M y Simpfendorfer C. 2009. Reassessing the value of nursery areas to shark conservation and management. Conserv. Lett. 2: 530–60.

Kitchen-Wheeler A. 2008. Manta Rays: Research in the Maldives. Shark Focus 31: 4. En: Marshall AD. 2008. Biology and population ecology of *Manta birostris* in southern Mozambique. PhD Thesis. University of Queensland. 278pp.

Kitchen-Wheeler AM. 2010. Visual identification of individual manta ray (Manta alfredi) in the Maldives Islands, Western Indian Ocean. Marine Biology Research 6 (4): 351-363.

Krebs CJ. 1999. Ecology methodology. University of Brithish Columbia. Addison Wesley Longman. Second Edition. 745pp.

Lara-Lizardi F, Hoyos-Padilla M, Ketchum JT y Galván-Magaña F. 2017. Range expansion of the whitenose shark, *Nasolamia velox*, and migratory movements to the oceanic Revillagigedo Archipelago (west Mexico). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 1-5.

Last PR y Stevens JD. 1994. Sharks and rays of Australia. CSIRO. Australia. En: Dewar H, Mous P, Domeier M. 2008. Movements and site fidelity of the giant manta ray, *Manta birostris*, in the Komodo Marine Park, Indonesia. Mar Biol 155: 121-133.

Lluch-Cota DB, Lluch-Cota SE y Bautista-Romero JJ. 1995. Ambiente marino. Páginas: 71-76. En: A Ortega, A Castellanos y G Arnaud. 1995. Estrategia para el manejo de la Reserva de la Biosfera Archipiélago de Revillagigedo, México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. 113pp.

Luiz OJ, Balboni AP, Kodja G, Andrade M, MArum H. 2009. Seasonal occurrences of *Manta birostris* (Chondrichthyes: Mobulidae) in southeastern Brazil. Ichthyol Res 56: 96-99.

Marshall AD y Bennett MB. 2010. Reproductive ecology of the reef manta ray *Manta alfredi* in southern Mozambique. Journal of Fish biology, 77(1): 169-190.

Marshall AD y Pierce SJ. 2012. The use and abuse of photographic identification in sharks and rays. Journal of fish biology, 80(5): 1361-1379.

Marshall AD, Bennett MB, Kodja G, Hinojosa-Alvarez S, Galvan-Magana F, Harding M, Stevens G y Kashiwagi T. 2011. *M. birostris*. The IUCN Red List of Threatened Species 2011: e.T198921A9108067. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2011-2.RLTS.T198921A9108067.en

Marshall AD, Dudgeon CL y Bennett MV. 2011a. Size and structure of a photographically identified population of manta rays *Manta alfrendi* in southern Mozambique. Marine Biology, 159(5):1111-1124.

Marshall AD, Pierce SJ y Bennett MB. 2008. Morphological measurements of manta ray (*Manta birostris*) with description of fetus the east coast of Southern Africa. Zootaxa. 1717: 24-30.

Marshall AD. 2008. Biology and population ecology of *Manta birostris* in southern Mozambique. PhD Thesis. University of Queensland. 278pp.

Marshll AD, Compagno LI y Bennett MB. 2009. Redescription of the genus Manta with resurrection of *Manta alfredi* (Krefft, 1868) (Chondrichthyes; Myliobatoidei; Mobulidae). Zootaxa 2301: 1-28.

Martínez C y López CM. 2005. Distribución, abundancia, requerimientos de hábitat y conservación de aves esteparias de interés especial en Castilla-La Mancha. Vol. 22. Editorial CSIC-CSIC Press. 144pp.

Martinez-Urrea DA. 2013. Fotoidentificación de manta gigante (*Manta birostris*; Walbaum, 1792) en las áreas naturales protegidas del Caribe mexicano. Tesis licenciatura. UABCS. 81pp.

Medeiros AM, Luiz OJ, Domit C. 2015. Occurrence and use of an estuarine habitat by giant manta ray *Manta birostris*. Journal of Fish Biology. 1-9.

Mundy-Taylor V y Crook V. 2013. Into the deep: Implementing CITES measures for commercially-valuable sharks and manta rays. Report prepared for the European Commission. Traffic.Cambridge, 106pp.

Naylor GJ, Caira JN, Jensen K, Rosana KAM, White WT y Last Pr. 2012. A DNA sequence-based approach to the identification of shark and ray species and its implications for global elasmobranch diversity and parasitology. Bulletin of the American Museum of Natural History 367: 1–262.

Notarbartolo-di Sciara G, Hillyer EV. 1989. Mobulid rays of the Eastern Venezuela (Chondrichthyes, Mobulidae). Copeia 1989(3): 607-614.

O'Malley MP, Hilton P, Heinrichs S y Stewart JD. 2016. Characterization of the trade manta and devil ray gill plates in China and South-east Asia through trader surveys. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystem,* 27(2): 394-413.

O'Malley MP, Lee-Brooks K y Medd HB. 2013. The global economic impact of manta ray watching tourism. PLoS One, 8(S): e65051.

O'Shea OR, Kingsford MJ y Seymour J. 2010. Tide-related periodicity of manta rays and sharks to cleaning stations on a coral reef. Marine and Freshwater Research, 61(1): 65-73.

Ortega-Rubio A, Galina-Tessaro P, Arnaud-Franco G, Solís-Cámara AB, Cortés-Calva P, Díaz-Castro S y Blázquez-Moreno MC. 2015. Investigación científica del CIBNOR en Áreas Naturales Protegidas del noroeste de México: pasado, presente y futuro. Recursos NAturales y Sociedad 1(6): 63-81.

Richards AF y Brattstrom BH. 1959. Bibliography, cartography, discovery, and exploration of the Islas Revillagigedo. PROC. CALIF. ACAD. SCI. 4th ser. 29: 351-360. En: A Ortega, A Castellanos y G Arnaud. 1995. Estrategia para el

manejo de la Reserva de la Biosfera Archipiélago de Revillagigedo, México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. 113pp.

Rubin R., Kumil K., Ketchum J., Hoyos M. 2014. Distribution, Movements and Habitat Preference of the Manta Ray: *Manta birostris*, at the Revillagigedo Islands of Mexico. V International Revillagigedo Researchers Reunion. Mexico.

Rubin RD y Kumli K. 2002. Manta Rays: not all black and white. Shark Focus, 15: 4-5.

Ruiz MG. 2006. Las ballenas del Golfo de California. Instituto Nacional de Ecología. 524pp.

Ruiz Sakamoto AT. 2015. Estimación del valor económico total y catálogo de foto identificación de la manta gigante (*Manta birostris* Walbaum, 1792) en el Archipiélago Revillagigedo. Tesis licenciatura. UABCS. 46 pp.

Simpfendorfer CA, Heupel MR, White WT y Dulvy NK. 2011. The importance of research and public opinion to conservation management of sharks and rays: a synthesis. Marine and Freshwater Research, 62(6): 518-527.

Sims DW. 2005. Differences in habitat selection and reproductive strategies of male and female sharks. En: KE Ruckstuhl & P. Neuhaus (ed) Sexual segregation in vertebrates: ecology of the two sexes. Cambridge, UK, 127-147

Speed CW, Meekan MG y Bradshaw CJ. 2007. Spot the match–wildlife photo-identification using information theory. Frontiers in zoology, 4(1): 2.

Stewart JD, Hoyos-Padilla EM, Kumli KR y Rubin RD. 2016. Deep-water feeding and behavioral plasticity in *Manta birostris* revealed by archival tags and submersible observations. Zoology, 119(5): 406-413

Town C, Marshall A y Sethasathien N. 2013. Manta Matcher: automated photographic identification of manta rays using keypoint features. Ecology and evolution, 3(7): 1902-1914

Vargas F, Escobar S y Del Ángel YR. 2000. Áreas naturales protegidas de México con decretos federales (1899-2000). Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP. Ciudad de México, México. 830pp.

Walter RP, Kessel ST, Alhasan N, Fisk AT, Heath DD, Chekchak T, Klaus R, Younis M, Gill G, Jones B, Braum CD, Berumen ML, DiBattista JD, Priest MA y Hussey NE. 2013. First record of living *Manta alfredi* x *M. birostris* hybrid. Marine Biodiversity 44: 1-2.

Wearmouth VJ y Sims DW. 2008. Sexual segregation in marine fish, reptiles, birds and mammals: behaviour patterns, mechanisms and conservation implications. Advances in marine biology, 54: 107-170.

Wehtje W, Walter HS, Rodríguez R, Linas J y Castellanos A. 1993. En: Ortega A, Castellanos A y Arnaud G. 1995. Estrategia para el manejo de la Reserva de la Biosfera Archipiélago de Revillagigedo, México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. 113pp.

White WT, Last PR, Stevens JD y Yearsley GK. 2006. Economically important sharks & rays of Indonesia. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR). 329pp.

Yano K, Sato F y Takahashi T. 1999. Observations of mating behavior of the manta ray, *Manta birostris*, at the Ogasawara Islands, Japan. Ichthyological research, 46(3): 289.

Yoshizaki J, Pollock KH, Brownie C y Webster RA. 2009. Modeling misidentification errors in capture–recapture studies using photographic identification of evolving marks. Ecology, 90(1): 3-9.

Young N. 2001. An analysis of the trends in by-catch of turtle species, angelsharks and batoid species protective gillnets off KwaZulu-Natal, South Africa (Doctoral dissertation, Msc. Thesis, University of Reading). En: Marshall AD, Dudgeon CL y Bennett MV. 2011a. Size and structure of a photographically identified population of manta rays *Manta alfredi* in southern Mozambique. Marine Biology, 159(5):1111-1124.

Zar JH. 2010. Biostatistical analysis. 5th edn. Pearson Prentice-Hall. Upper Saddle River, NJ, USA. 944 pp.

ANEXO 1. Avistamientos de manta gigante en el Archipiélago de Revillagigedo, temporada 2015-2016.

#	1er avistamiento	Isla	Sitio	Sexo	Morfotipo	Recaptura 1			Recaptura 2			Recaptura 3			Recaptura 4		
						Fecha	Isla	Sitio	Fecha	Isla	Sitio	Fecha	Isla	Sitio	Fecha	Isla	Sitio
1	15/12/08	ND	ND	ND	N	16/02/17	SB	EB	16/03/14	S	CP	16/05/22	S	CP	16/06/28	S	CP
2	15/12/11	ND	ND	ND	N												
3	15/12/26	S	PT	H	C	16/04/27	RP	RP									
4	15/12/27	SB	EB	M	C	16/02/07	S	CP									
5	16/01/03	SB	EB	H	C	16/02/08	SB	EB	16/03/17	ND	ND	16/06/19	SB	EB	16/06/26	SB	EB
6	16/01/03	SB	EB	M	C												
7	16/01/03	SB	EB	M	C	16/02/08	SB	EB	16/03/04	RP	RP						
8	16/01/06	SB	EB	H	N												
9	16/01/07	SB	EB	M	N												
10	16/01/08	SB	EB	ND	N	16/01/29	SB	EB	16/01/31	SB	EB						
11	16/01/14	S	CP	M	C	16/01/20	S	CP	16/03/13	S	CP						
12	16/01/16	SB	EB	H	C	16/03/03	SB	EB	16/06/18	SB	EB	16/06/19	SB	EB			
13	16/01/20	S	CP	M	N												
14	16/01/20	S	CP	H	C												
15	16/01/20	S	CP	M	C												
16	16/01/21	RP	RP	H	C	16/01/28	RP	RP	16/03/26	SB	EB	16/05/23	SB	EC			
17	16/01/21	RP	RP	ND	C												
18	16/01/21	RP	RP	M	C	16/03/03	ND	ND									
19	16/01/27	SB	LC	H	C												
20	16/01/28	RP	RP	M	C	16/03/04	RP	RP	16/04/19	S	ND						
21	16/01/28	RP	RP	M	C												
22	16/01/30	S	ND	M	N												
23	16/01/30	S	CP	H	C	16/05/13	S	RO									
24	16/01/30	S	CP	M	C	16/03/04	S	CP									

Continúa Anexo 1.

#	1er avistamiento	Isla	Sitio	Sexo	Morfotipo	Recaptura 1			Recaptura 2			Recaptura 3			Recaptura 4		
						Fecha	Isla	Sitio	Fecha	Isla	Sitio	Fecha	Isla	Sitio	Fecha	Isla	Sitio
25	16/01/30	S	CP	H	C												
26	16/01/30	S	CP	M	C	16/01/31	SB	EB									
27	16/01/30	S	CP	H	N	16/02/02	S	CP									
28	16/01/31	SB	EB	ND	C												
29	16/01/31	SB	EB	H	C												
30	16/01/31	SB	EB	M	C												
31	16/02/04	S	CP	ND	N												
32	16/02/04	S	CP	ND	N	16/05/11	SB	EB									
33	16/02/05	ND	ND	M	C												
34	16/02/05	RP	RP	M	C												
35	16/02/05	RP	RP	ND	N												
36	16/02/06	ND	ND	M	C												
37	16/02/06	S	PT	M	C												
38	16/02/06	S	PT	M	C	16/03/24	S	PT									
39	16/02/08	SB	EB	H	N	16/05/23	SB	EC	16/05/23	SB	EB	16/06/28	S	CP	16/06/29	SB	EB
40	16/02/08	SB	EB	M	N	16/06/16	RP	RP									
41	16/02/08	SB	EB	M	C												
42	16/02/08	SB	EB	M	C												
43	16/02/08	SB	EB	H	C												
44	16/02/08	SB	EB	H	C												
45	16/02/08	SB	EB	ND	N												
46	16/02/08	SB	EB	H	N	16/02/29	SB	EC									
47	16/02/08	SB	EB	M	C												
48	16/02/14	ND	ND	ND	C	16/03/24	S	PT	16/05/13	S	RO						

Continúa Anexo 1.

#	1er avistamiento	Isla	Sitio	Sexo	Morfotipo	Recaptura 1			Recaptura 2			Recaptura 3			Recaptura 4		
						Fecha	Isla	Sitio	Fecha	Isla	Sitio	Fecha	Isla	Sitio	Fecha	Isla	Sitio
49	16/02/16	S	CP	H	C												
50	16/02/16	S	CP	M	C												
51	16/02/16	RP	RP	H	C	16/02/26	RP	RP									
52	16/02/18	ND	ND	M	C												
53	16/02/19	RP	RP	M	C												
54	16/02/19	RP	RP	ND	N												
55	16/02/19	RP	RP	M	N												
56	16/02/24	RP	RP	M	C												
57	16/02/28	SB	EB	M	C												
58	16/02/28	SB	EB	H	C												
59	16/02/28	SB	EB	M	C												
60	16/02/28	SB	EB	M	N	16/03/14	S	PT									
61	16/02/28	SB	EB	H	C	16/05/14	RP	RP									
62	16/02/28	SB	EB	H	C	16/06/08	ND	ND									
63	16/02/28	SB	EB	M	C												
64	16/02/29	SB	EB	M	C												
65	16/03/03	SB	EB	ND	N												
66	16/03/03	SB	EB	ND	N												
67	16/03/03	SB	EB	H	N	16/03/30	SB	EB									
68	16/03/03	SB	EB	H	C												
69	16/03/03	ND	ND	H	C												
70	16/03/04	ND	ND	H	C	16/03/29	SB	EB	16/06/21	SB	EB	16/06/29	SB	EB			
71	16/03/04	RP	RP	M	C	16/03/07	SB	EB	16/04/25	SB	EB						
72	16/03/04	RP	RP	M	N												

Continúa Anexo 1.

#	1er avistamiento	Isla	Sitio	Sexo	Morfotipo	Recaptura 1			Recaptura 2			Recaptura 3			Recaptura 4		
						Fecha	Isla	Sitio	Fecha	Isla	Sitio	Fecha	Isla	Sitio	Fecha	Isla	Sitio
73	16/03/04	RP	RP	H	N												
74	16/03/04	RP	RP	M	C												
75	16/03/05	RP	RP	M	C												
76	16/03/07	SB	EB	ND	N												
77	16/03/07	SB	EB	M	C												
78	16/03/16	ND	ND	ND	N												
79	16/03/16	RP	RP	M	C												
80	16/03/16	RP	RP	M	C												
81	16/03/17	RP	RP	H	C												
82	16/03/18	SB	EB	H	C												
83	16/03/18	SB	EB	M	C												
84	16/03/18	SB	EB	H	C												
85	16/03/18	SB	EB	H	C												
86	16/03/18	SB	EB	H	C	16/04/13	ND	ND									
87	16/03/19	SB	EB	M	C												
88	16/03/20	ND	ND	ND	C												
89	16/03/27	SB	EB	H	C												
90	16/04/10	RP	RP	H	C												
91	16/04/11	S	CP	H	C												
92	16/04/13	SB	EC	H	C	16/05/31	SB	EC									
93	16/04/17	S	ND	M	N												
94	16/04/20	S	ND	H	C	16/06/28	ND	ND									
95	16/04/20	SB	EB	H	C												
96	16/04/20	SB	EB	H	C												

Continúa Anexo 1.

#	1er avistamiento	Isla	Sitio	Sexo	Morfotipo	Recaptura 1			Recaptura 2			Recaptura 3			Recaptura 4		
						Fecha	Isla	Sitio	Fecha	Isla	Sitio	Fecha	Isla	Sitio	Fecha	Isla	Sitio
97	16/04/20	S	ND	H	C	16/04/21	SB	EB									
98	16/04/21	ND	ND	H	C												
99	16/04/24	SB	EB	H	C												
100	16/04/24	SB	EB	M	C												
101	16/04/25	SB	EB	M	C												
102	16/04/26	S	CP	H	C												
103	16/04/28	RP	RP	H	C												
104	16/05/05	ND	ND	ND	N												
105	16/05/11	SB	EB	ND	N	16/05/12	S	CP									
106	16/05/11	SB	EB	H	C												
107	16/05/11	SB	EB	H	C												
108	16/05/12	S	CP	H	C												
109	16/05/13	S	RO	H	C												
110	16/05/14	RP	RP	ND	N												
111	16/05/14	RP	RP	M	C	16/05/21	RP	RP									
112	16/05/14	RP	RP	H	C												
113	16/05/14	RP	RP	ND	C												
114	16/05/19	SB	LC	H	C	16/05/24	SB	EC									
115	16/05/20	RP	RP	M	C												
116	16/05/20	RP	RP	H	C												
117	16/05/21	RP	RP	H	C	16/05/22	RP	RP									
118	16/05/21	RP	RP	H	C	16/05/29	RP	RP									
119	16/05/21	RP	RP	M	C												
120	16/05/21	RP	RP	H	C	16/05/28	ND	ND	16/05/29	RP	RP						

Continúa Anexo 1.

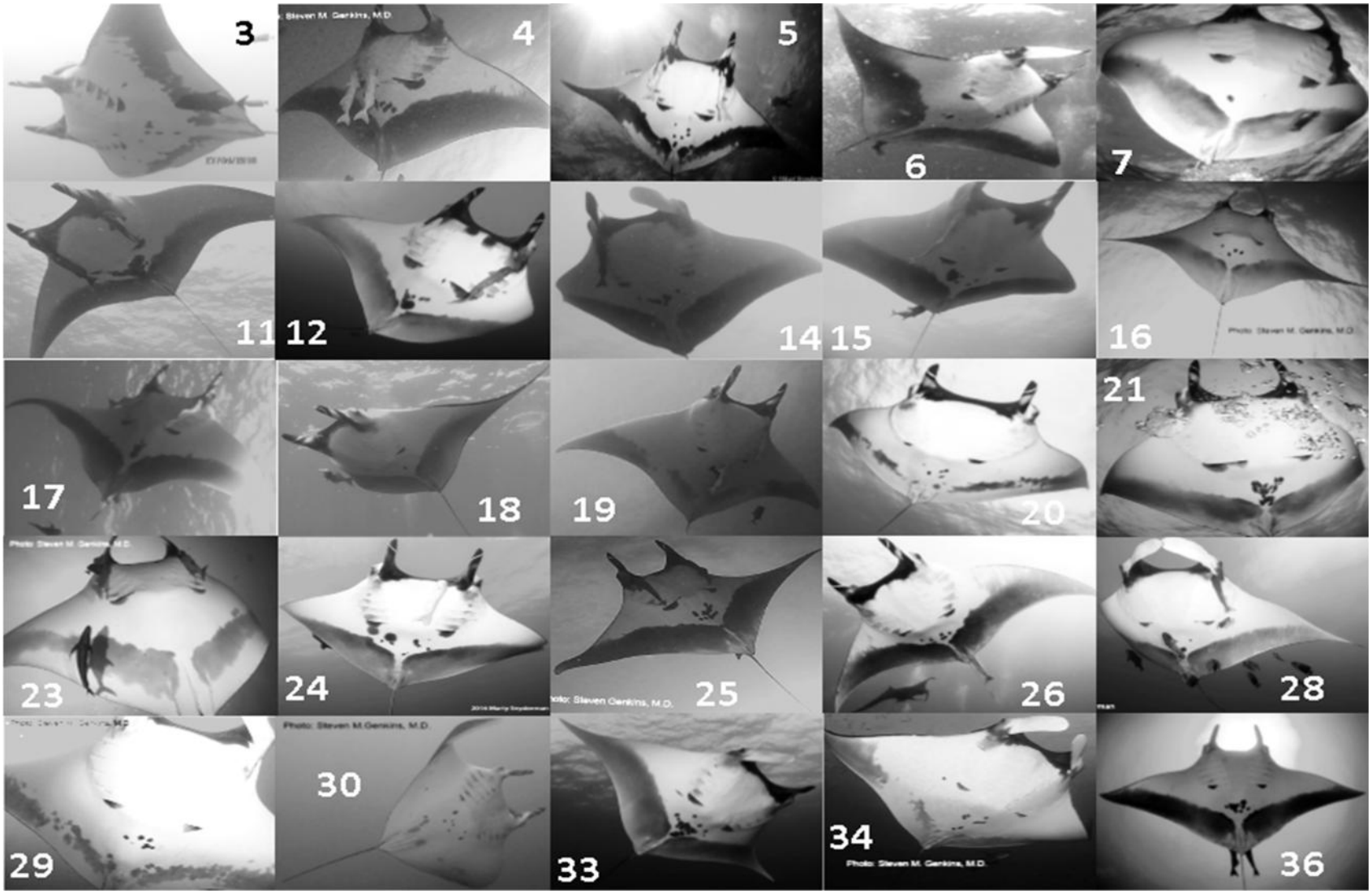
#	1er avistamiento	Isla	Sitio	Sexo	Morfotipo	Recaptura 1			Recaptura 2			Recaptura 3			Recaptura 4		
						Fecha	Isla	Sitio	Fecha	Isla	Sitio	Fecha	Isla	Sitio	Fecha	Isla	Sitio
121	16/05/21	RP	RP	M	C												
122	16/05/21	RP	RP	M	C												
123	16/05/22	S	CP	H	C	16/06/20	RP	RP									
124	16/05/23	SB	EC	ND	N												
125	16/05/23	SB	EC	ND	C												
126	16/05/25	RP	RP	H	C												
127	16/05/27	SB	EB	M	C	16/05/30	ND	ND									
128	16/05/27	ND	ND	H	C												
129	16/05/27	ND	ND	M	C												
130	16/05/27	S	CP	M	C												
131	16/05/28	RP	RP	H	N	16/05/29	RP	RP									
132	16/05/28	ND	ND	ND	N	16/06/01	RP	RP									
133	16/05/28	RP	RP	M	C												
134	16/05/29	ND	ND	M	C	16/06/16	RP	RP									
135	16/05/29	RP	RP	H	C												
136	16/05/31	SB	EF	M	C												
137	16/06/01	RP	RP	H	C												
138	16/06/01	RP	RP	H	C												
139	16/06/03	RP	RP	ND	N												
140	16/06/08	ND	ND	ND	N												
141	16/06/18	SB	EB	M	N												
142	16/06/18	SB	EB	M	C												
143	16/06/18	SB	EB	ND	N	16/06/19	SB	EB									
144	16/06/19	SB	EB	H	C												

Continúa Anexo 1.

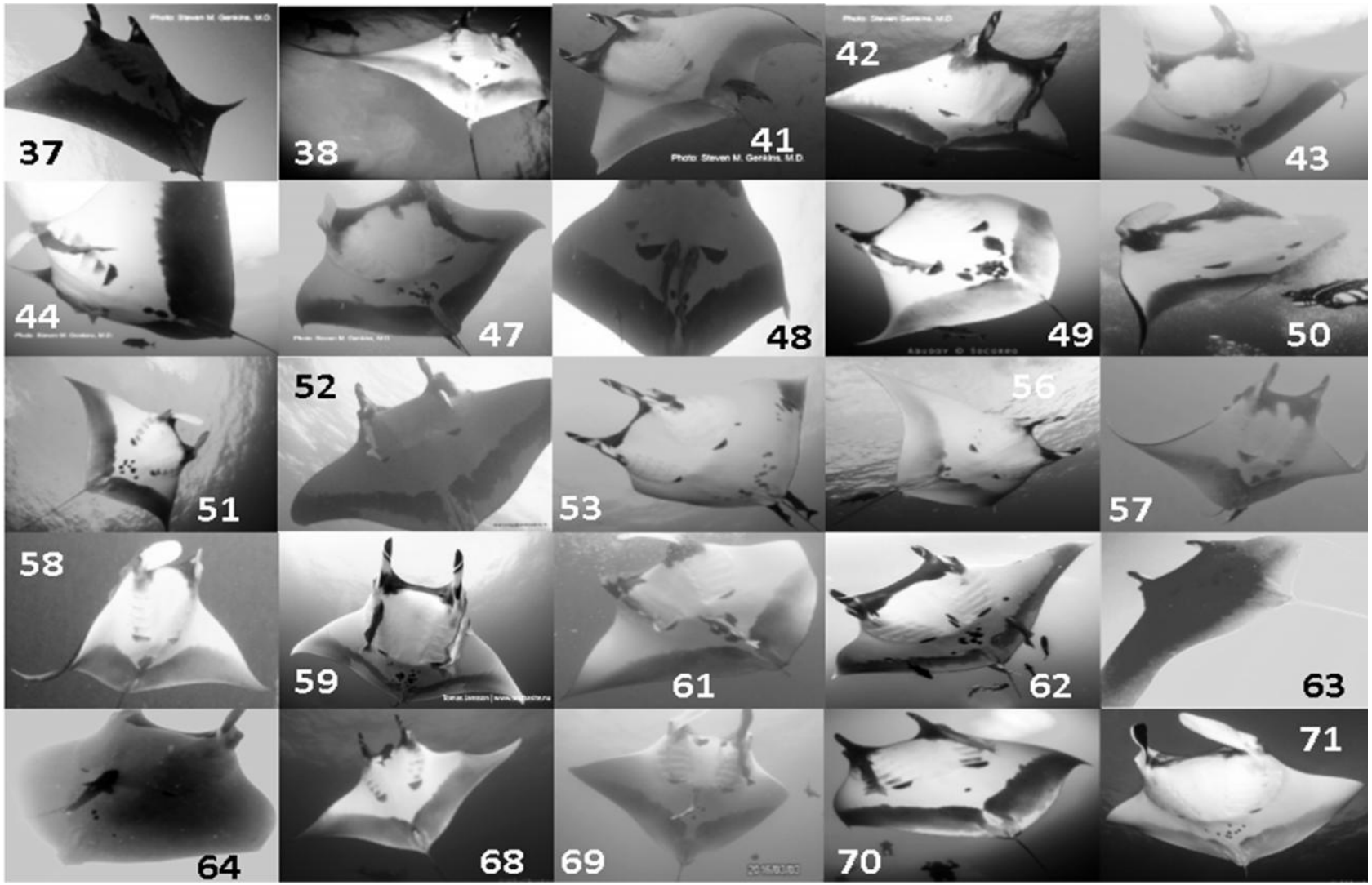
#	1er avistamiento	Isla	Sitio	Sexo	Morfotipo	Recaptura 1			Recaptura 2			Recaptura 3			Recaptura 4		
						Fecha	Isla	Sitio	Fecha	Isla	Sitio	Fecha	Isla	Sitio	Fecha	Isla	Sitio
145	16/06/20	SB	EB	M	C												
146	16/06/20	SB	EB	H	C												
147	16/06/21	SB	EB	H	N												
148	16/06/21	SB	EB	H	C												
149	16/06/21	RP	RP	H	C												
150	16/06/23	SB	EB	M	C												
151	16/06/23	SB	EB	M	C												
152	16/06/23	SB	EB	H	C												
153	16/06/23	SB	EB	M	C												
154	16/06/23	SB	EB	H	C												
155	16/06/23	ND	ND	H	C												
156	16/06/24	SB	EB	ND	N												
157	16/06/24	SB	EB	M	N	16/06/26	SB	EB									
158	16/06/24	SB	EB	M	N												
159	16/06/24	ND	ND	H	C	16/06/26	SB	EB									
160	16/06/24	SB	EB	M	C	16/06/26	SB	EB									
161	16/06/24	SB	LC	H	C												
162	16/06/24	SB	EB	M	N												
163	16/06/24	SB	EB	M	C												
164	16/06/24	SB	EB	H	C												
165	16/06/24	SB	EB	M	C												
166	16/06/25	RP	RP	H	C	16/06/26	RP	RP									
167	16/06/28	S	RO	M	C												
168	16/06/28	S	CP	H	C												
169	16/06/29	SB	EB	ND	N												

Notas. Abreviaciones: Isla Socorro (S): Cabo Pearce (CP), Punta Tosca (PT), Roca Oneal (RO); Isla San Benedicto (SB): El Boiler (EB), El Fondeadero (EF), El Cañon (EC) y Las Cuevitas (LC); Roca Partida (RP).

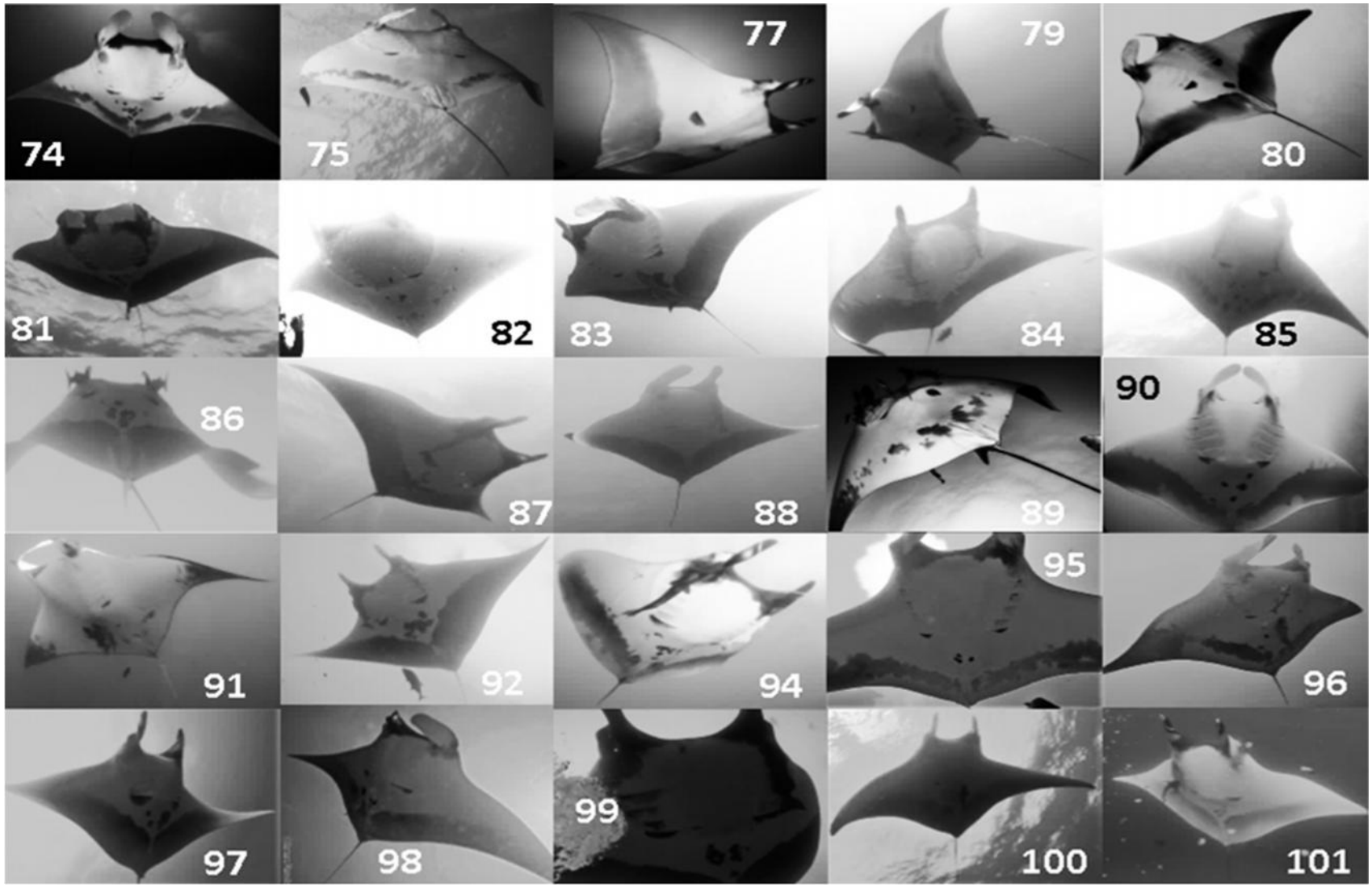
ANEXO 2. Individuos identificados con morfotipo chevrón en el Archipiélago de Revillagigedo.



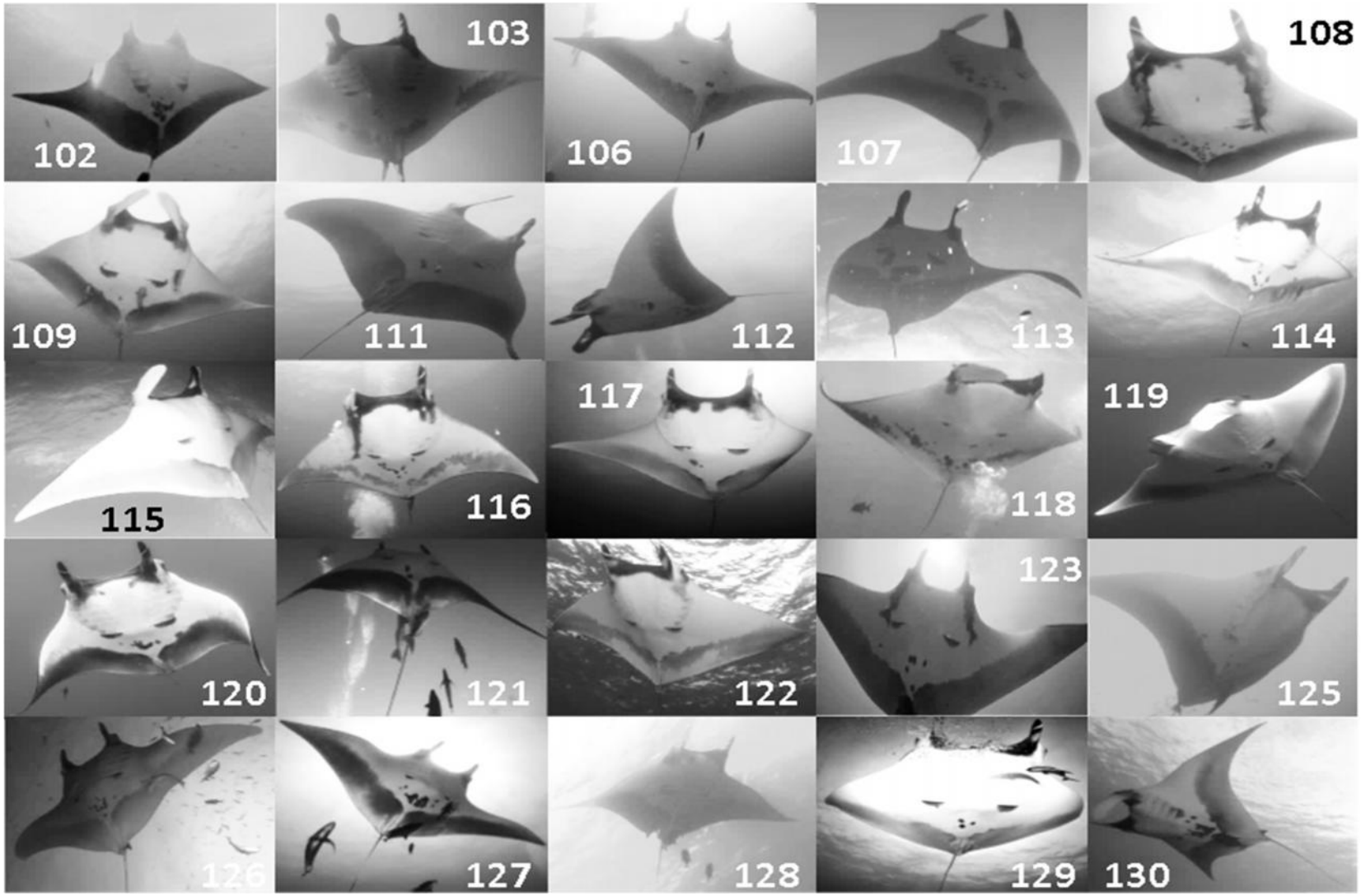
Continúa Anexo 2.



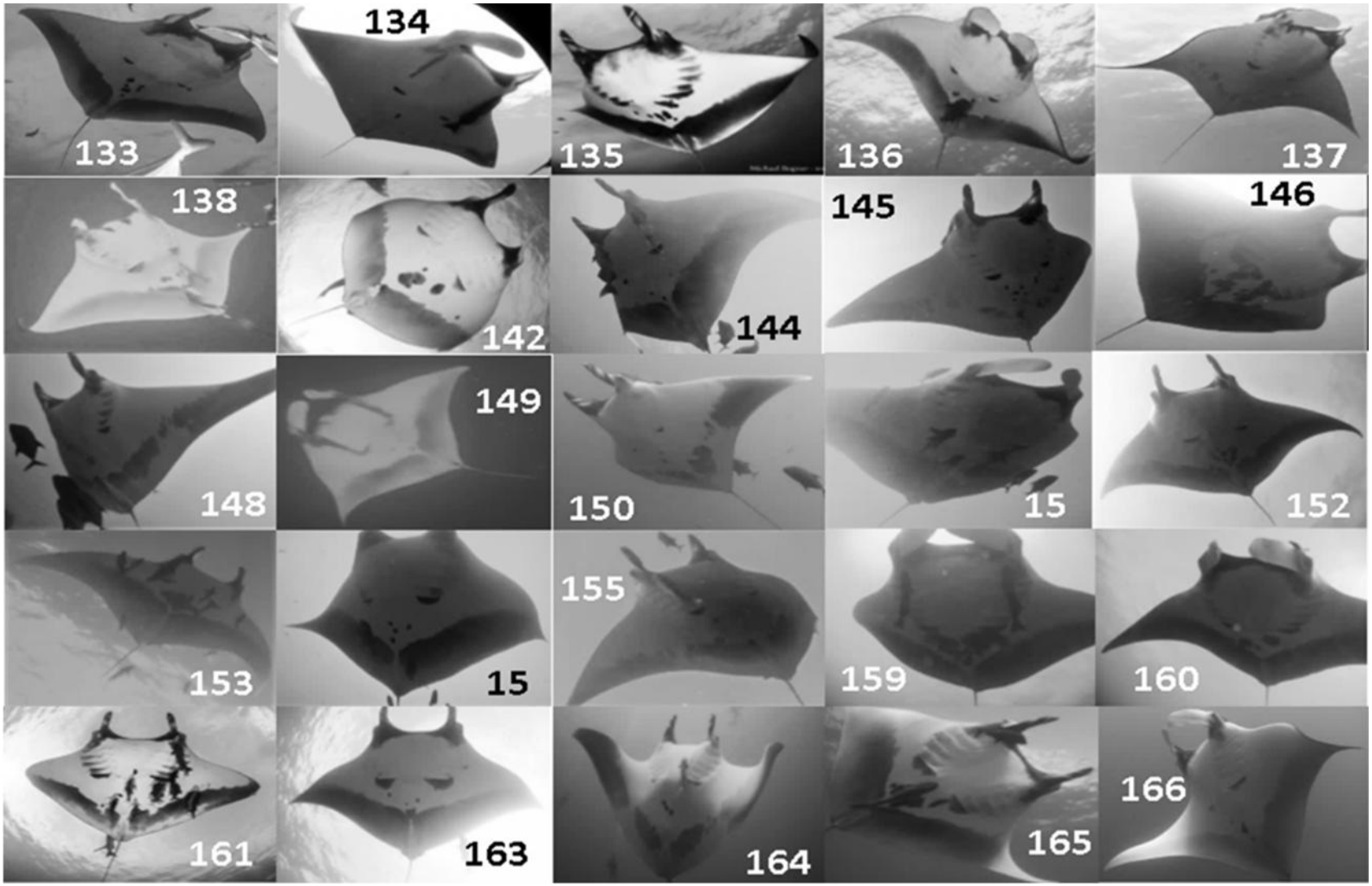
Continúa Anexo 2.



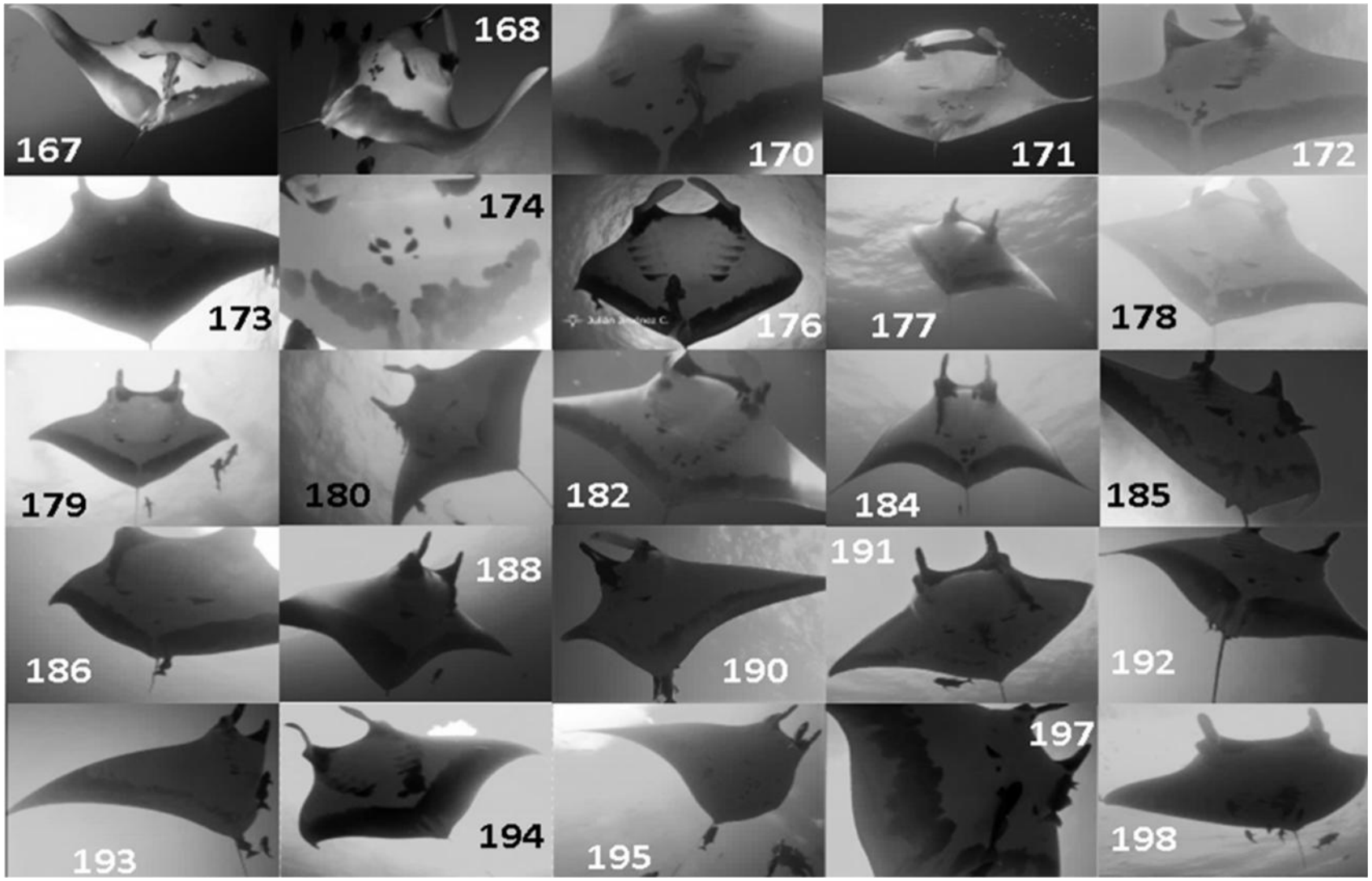
Continúa Anexo 2.



Continúa Anexo 2.

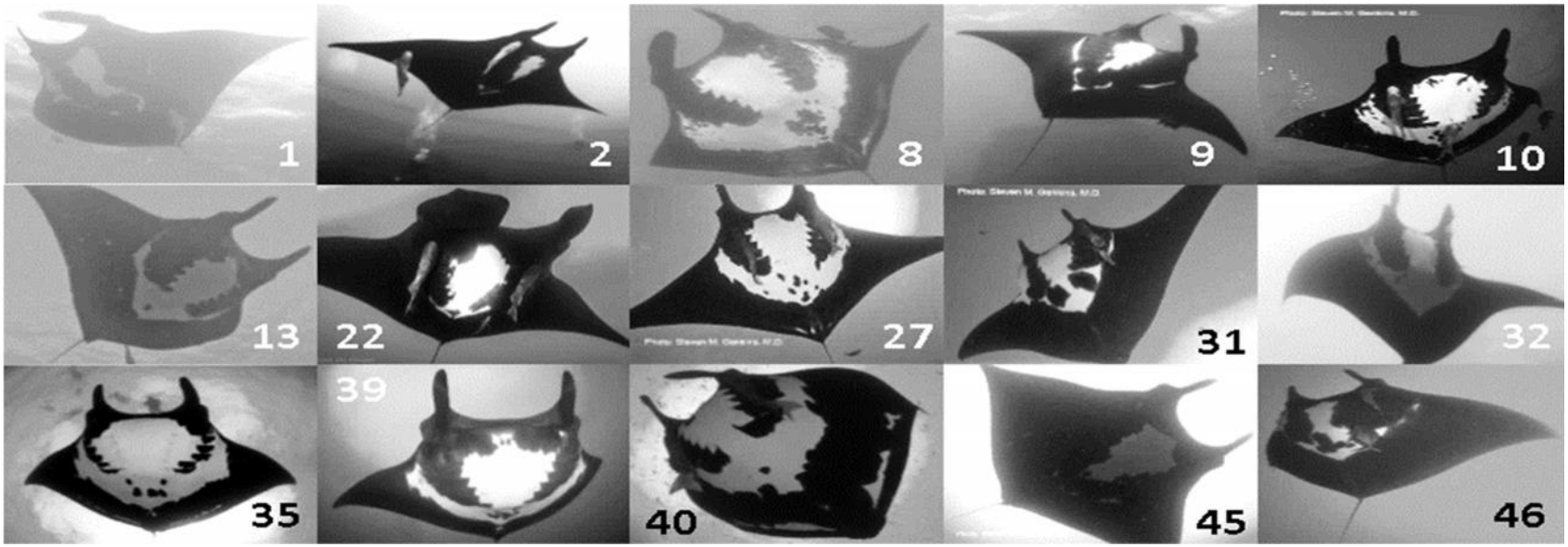
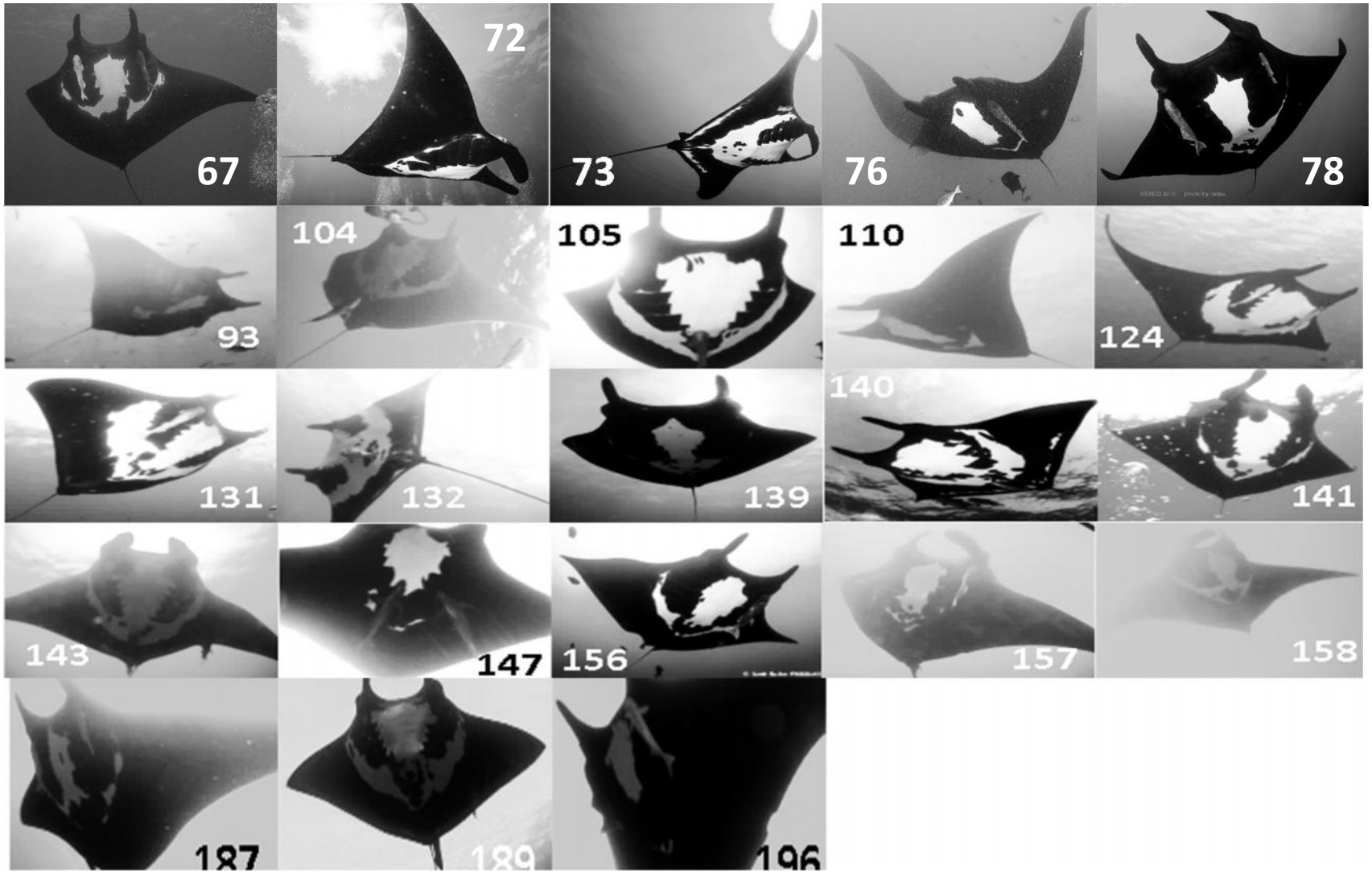


Continúa Anexo 2.



Continúa Anexo 2.

ANEXO 3. Individuos identificados con morfotipo negro en el Archipiélago de Revillagigedo.



Continúa Anexo 3.