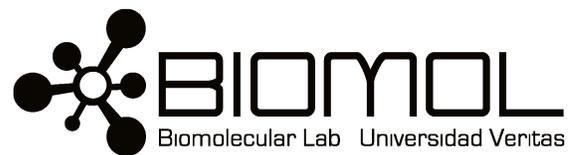


INFORME FINAL

R-SINAC-ACG-PI-008-2018

Diversidad y abundancia de rayas en el Golfo de Santa Elena, Punta Descarte, Bahía Salinas



Resumen:

Se presentan los resultados del monitoreo de rayas bentónicas y pelágicas de un año entre marzo 2018 y 2019 llevado a cabo por la Asociación para la Conservación Integral de Recursos Naturales Equipo Tora Carey. En este periodo, se identificaron 26 especies de Elasmobranchios, y de estas 19 especies de rayas, 15 de las cuales se han podido capturar, muestrear (toma de tallas, pesos, marcaje, identificación de sexo y liberación) en 13 sitios alrededor de la península de Santa Elena. Los meses de aguas frías (febrero – abril) representan los meses de mayor abundancia de rayas, mientras en los meses de agua caliente se registran algunas especies migratorias (*Mobula munkiana*) y el pico reproductivo de especies residentes. Sin duda, Punta Descartes representa una cuna para una altísima diversidad de rayas, y juega un papel importante tanto para el desarrollo y la reproducción como para la alimentación de ambas especies residentes y migratorias. El proyecto del monitoreo de rayas se convirtió en una actividad constante, en que se emplean exclusivamente miembros comunitarios locales como asistentes de investigación, lo cual ha generado un aumento en la concientización de la riqueza marino-costera, además de la necesidad de proteger a estas especies críticas para el mantenimiento de los ecosistemas locales.

Agradecimientos



Introducción

El Golfo de Santa Elena, Punta Descartes, y Bahía Salinas han sido descritos como unos de las áreas de mayor interés para la conservación marina, sin embargo, también abarcan los sitios con mayor vacío de información (Alvarado et al. 2011). Esta zona presenta condiciones oceanográficas diferentes al resto del Pacífico de Costa Rica, debido a la influencia de la corriente de California y el Domo Térmico de América Central durante ciertas épocas del año (Fiedler 2002), que potencialmente influyen en el comportamiento de las especies habitantes de la zona. En el Área de Conservación Guanacaste, hasta la fecha se han descrito 15.5% de las especies marinas conocidas para el litoral pacífico de Costa Rica y se reconoce una gran falta de investigación de sus ambientes marinos y de su fauna y flora asociada (Cortés 2017). Este vacío impide evaluar su importancia ecológica para el país, lo cual es necesario conocer a la vista de las amenazas inmediatas, como lo son el calentamiento global, la pesca no selectiva, así como la elaboración de proyectos de desarrollo insostenibles, que pueden causar la desaparición de especies y poblaciones críticas para la sobrevivencia de ecosistemas enteras.

A pesar de que se reconoce la importancia ecológica de las rayas (Dulvy et al. 2014), existe una gran carencia de información biológica, particularmente en la identificación de especies, estudios del comportamiento migratorio, y en los patrones de residencia. La información científica que existe para Costa Rica se limita a estudios de rayas encontradas en la pesca de arrastre en el litoral Pacífico sur (Clarke et al. 2011, 2016), así como a guías de identificación de especies en el Pacífico central de Costa Rica (Bussing et al. 2004). Una reciente publicación sobre la identificación de rayas del mundo extiende la distribución de varias especies previamente desconocidas al Pacífico de Costa Rica (Last et al. 2016). Sin embargo, en el Área de Conservación Guanacaste se ha descrito la presencia de solamente tres especies: *Hypanus longus*, *Urobatis pardalis* y *Narcine entemedor* (Cortés 2017). Por otro lado, el estudio de impacto ambiental relacionado a la construcción del Hotel Dreams Las Mareas, indica la presencia de dos especies de rayas en la Bahía El Jobo: *Taeniatura meyeri* y *Urobatis halleri* (Grupo Unsat, 2011). De acuerdo a las especies identificadas en estos estudios y guías, existen varios vacíos en el estado taxonómico de las especies, las cuales necesitan una revisión para su confirmación e identidad.

Basados en muestreos mediante esnorkel y buceo en los alrededores del Golfo de Santa Elena, Punta Descartes y Bahía Salinas, se ha determinado la presencia de varias especies de rayas, entre las cuales se destacan especies bentónicas, tales como raya redonda manchada (*Urotrygon chilensis*), raya redonda Haller (*Urobatis halleri*), raya mariposa (*Gynmura crebipunctata*), raya eléctrica (*Narcine entemedor*), diferentes especies de raya guitarra *Pseudobatos* spp., raya látigo (*Hypanus longus*) y especies de rayas pelágicas, tales como la raya diablo (*Mobula munkiana*), raya gavilana (*Aetobatus laticeps*) y raya toro (*Aetomylaeus asperinus*). La mayoría de los géneros de éstas especies son bastante consistentes con las especies registradas en el Pacífico Central – Sur de Costa Rica (Bussing & López 2004; Clarke et al. 2011; Clarke et al. 2016). Sin embargo, la falta de descripción taxonómica de las rayas en general impide la identificación de varios de los géneros más diversos, tales como *Urobatis* y *Urotrygon*. Además de testiguar la presencia de nuevas especies previamente reportadas, nuestras observaciones recientes sugieren una estacionalidad en los diferentes estados de vidas de las rayas (neonatos, juveniles y adultos), lo cual hace interesante aumentar los esfuerzos de muestreos para contribuir a la historia de vida de estas especies y con ello al conocimiento biológico-ecológico de la zona.

Objetivo general

Determinar la diversidad, abundancia, y distribución a través de los movimientos de especies de rayas en el Golfo de Santa Elena, Punta Descarte, Bahía Salinas para contribuir al conocimiento de la historia de vida de las especies de rayas en Costa Rica y América Latina.

Objetivos específicos

- 1) Identificar la diversidad de las especies de rayas en la zona no protegida entre el Parque Nacional Santa Rosa y la frontera con Nicaragua.
- 2) Determinar la abundancia y distribución de las especies de rayas a través de sus movimientos.

Materiales y Métodos

Sitios de estudio



Fig. 1: Ubicación de los sitios de muestreo de Batoideas.

Muestreo de rayas pelágicas

Las rayas pelágicas como la gaviñana (*Aetobatus laticeps*) y toro (*Aetomylaeus asperrimus*), y las de mayor tamaño como la raya látigo (*Hypanus longus*) son monitoreadas mediante el buceo apnea hasta profundidades de aproximadamente 10m. Para ello, se utilizará una arbaleta que tienen una cámara GoPro para la foto-identificación de las rayas muestreadas. La punta de la flecha de la arbaleta está adaptada con una punta de biopsia con el fin de obtener una muestra de tejido de cada raya muestreada.

Algunas especies, como por ejemplo la raya diablo *Mobula munkiana*., se mueven cerca de la playa durante algunas épocas del año, y cuando permitan las condiciones oceanográficas serán capturadas a mano mediante redes especiales de aproximadamente 1.5m de ancho y 4m de largo, elaborados con hilo de seda y de una luz de malla de aproximadamente 2cm. Con el fin de causar el mínimo impacto posible, estos individuos se manipulan en plataformas directamente en el agua, y se tomaron las medidas morfométricas como la longitud total, ancho del disco, longitud de los cláspers en los casos de machos, peso, y se identifican utilizando marcas tipo T-bar (FF-94, Floy Tag) con códigos únicos para cada tag.

Muestreo de rayas bentónicas

Las rayas bentónicas y generalmente de menor tamaño son capturadas mediante el buceo apnea con la ayuda de redes de mano a lo largo de la costa hasta profundidades de aprox. 3m – 5m. Los individuos son trasladados a cubetas con agua y mantenidos en la sombra en la playa para su posterior muestreo. Cada raya se muestrea individualmente para registrar las medidas de longitud total, ancho de disco, longitud de cláspers en caso de machos, así como son pesadas y marcadas con marcas tipo T-bar (FF-94, Floy Tag), la cual se insertan con un aplicador tipo pistola en la base de la cola. De cada individuo se tomaron fotografías y biopsias de tejido de los bordes de la aleta pectoral. Las rayas son devueltas al mar luego de un tiempo máximo de 20 minutos dentro de las cubetas con agua.

Resultados

A continuación, se detallan los resultados principales comprendidos entre marzo 2018 y marzo 2019. Sobre todo en los meses marzo - diciembre 2018, el muestreo de rayas fue más esporádico que sistemático y disperso entre distintas bahías y playas de la zona debido a la variada disponibilidad de tiempo y recurso humano disponible. A partir de diciembre 2018, se estableció el muestreo sistemático semanal de 5 sitios, cuando el proyecto empezó a concentrarse en Playa Manzanillo, Las Pilas, Playa Rajada, Playa El Jobo y Coquito.

1. Sitios de muestreo y diversidad de elasmobranquios registrada

Durante el periodo de estudio se realizó un total de 165 muestreos en 13 sitios distintos alrededor de Punta Descartes y la Península de Santa Elena. Dependiendo de las condiciones oceanográficas, se realizaron los muestreos de rayas semanalmente en las playas de El Jobo, Rajada, y Manzanillo – Playa Raya – las Pilas, mientras los demás sitios fueron muestreados con frecuencias más irregulares, muchas veces dependiendo del recurso humano disponible (Fig. 1). En los meses de setiembre – noviembre, la mala visibilidad y condiciones oceánicas severas ocasionadas por la temporada lluviosa impidió el muestreo en varias ocasiones.

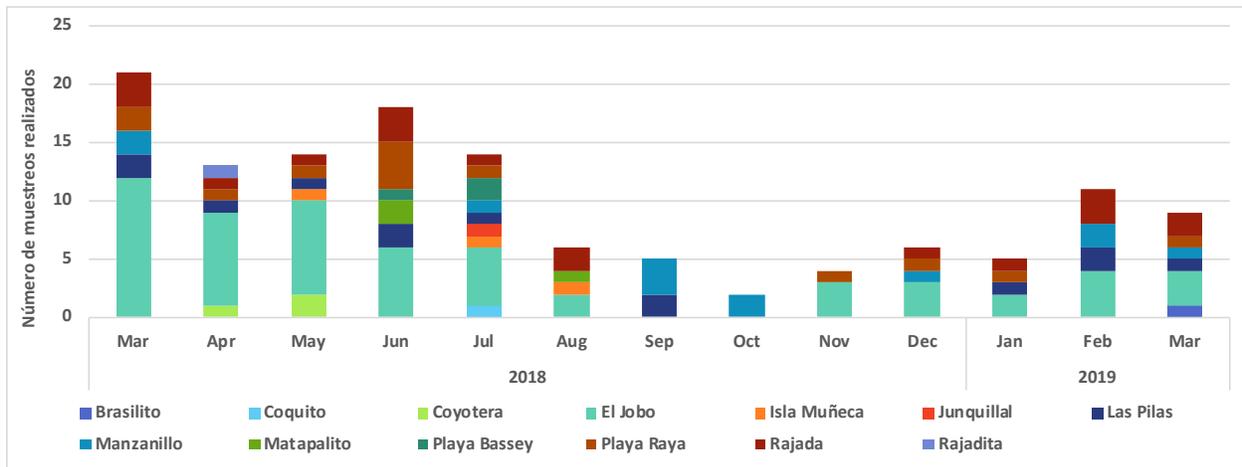


Figura 2: Número de muestreos realizados en los distintos sitios de muestreo entre marzo del año 2018 y marzo del año 2019.

Durante los muestreos en estos 13 sitios, se examinó un total de 1323 individuos, de los cuales se identificaron 16 especies del superorden Batoidea, con una especie del género *Pseudobatus* sp. no identificada, y una especie del superorden Selachimorpha, siendo el tiburón gata *Ginglystoma cirratum*. Incluyendo las observaciones registradas por los investigadores durante ocasiones adicionales a los muestreos, como snorkel recreativo o incidentes en la pesca artesanal, se registra un total de 26 especies de elasmobranquios para la zona, distribuidas en 18 géneros, 16 familias y 6 órdenes (Tabla 1). Seis de estas especies pertenecen al suborden de los Selachimorpha, o tiburones modernos, y en su mayoría fueron registradas gracias a la colaboración de los pescadores locales (géneros *Alopias*, *Sphyrna*, *Carcharhinus* y *Mustelus*) y los operadores turísticos que proporcionan evidencias fotográficas (género *Rhincodon*). Resalta que 4 de las 6 especies de tiburones registrados están amenazadas de extinción según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Las demás especies pertenecen a los batoideos y representan 3 de sus 4 órdenes: los Myliobatiformes son representados por 14 especies muestreadas o observadas, siendo la familia Urotrygonidae la más representativa para la zona, tanto en cuanto a la cantidad de especies registradas, como al número de individuos capturados (Fig. 2, Fig. 3). Resalta, que todas las especies registradas del género *Urotrygon* son clasificados como Datos Insuficientes para poder evaluar su estado de conservación según la UICN.

Tabla 1: Clasificación de las especies de elasmobranquios registradas alrededor de Punta Descartes y la Península de Santa Elena.

Superorden	Orden	Familia	Género	Especie	IUCN
Batoidea	Myliobatiformes	Urotrygonidae	Urotrygon	<i>U. chilensis</i>	Datos insuficientes
				<i>U. rogersi</i>	Datos insuficientes
				<i>U. munda</i>	Datos insuficientes
				<i>U. aspidura</i>	Datos insuficientes
		Urobatis	<i>U. halleri</i>	Menor preocupación	
			<i>M. munkiana</i>	Casi amenazado	
		Mobulidae	<i>Mobula</i>	<i>M. birostris</i> *	Vulnerable
			Potamotrygonidae	<i>Styracura</i>	<i>S. pacifica</i>
		Gymnuridae	<i>Gymnura</i>	<i>G. crebrispunctata</i>	Datos insuficientes
		Dasyatidae	<i>Hypanus</i>	<i>H. longus</i>	Datos insuficientes
	Aetobatidae	<i>Aetobatus</i>	<i>A. laticeps</i>	Casi amenazado (evaluado como <i>A. narinan</i>)	
	Myliobatidae	<i>Aetomylaeus</i>	<i>A. asperimus</i> *	Datos insuficientes	
	Rhinopteridae	<i>Rhinoptera</i>	<i>R. steindachneri</i> *	Casi amenazado	
	Rhinopristiformes	Trygonorrhinidae	<i>Zapteryx</i>	<i>Z. xyster</i>	Datos insuficientes
			Rhinobatidae	<i>Pseudobatos</i>	<i>P. prahli</i>
		<i>P. glaucostigmus</i>		Datos insuficientes	
		<i>P. leucomhynchus</i>		Casi amenazado	
Torpediformes		Narcinidae	<i>Narcine</i>	<i>N. entemedor</i>	Datos insuficientes
	<i>Diplobatis</i>		<i>D. ommata</i>	Vulnerable	
Selachimorpha	Carcharhiniformes	Carcharhinidae	<i>Carcharhinus</i>	<i>C. falciformis</i> *	Vulnerable
				<i>C. limbatus</i> *	Casi amenazado
				<i>C. leucas</i>	Casi amenazado
				<i>A. pelagicus</i> *	Vulnerable
				<i>S. lewini</i> *	En peligro
	Orectolobiformes	Triakidae	<i>Mustelus</i>	<i>M. henlei</i> *	Menor preocupación
		Ginglymostomatidae	<i>Ginglymostoma</i>	<i>G. cirratum</i>	Datos insuficientes
		Rhincodontidae	<i>Rhincodon</i>	<i>R. typus</i> *	En peligro

2. Especies registradas por sitio de muestreo

Entre mayor el número de muestreos, más especies se registran (Fig. 3). En Playa El Jobo se han capturado, marcado y liberado 14 especies de Batoideas en un total de 179 muestreos llevados a cabo entre marzo 2018 y 2019, mientras que en Puerto Manzanillo, Playa Raya, Las Pilas y Playa Rajada, se muestrearon entre 7 y 10 especies en alrededor de 50 muestreos realizados en cada sitio.

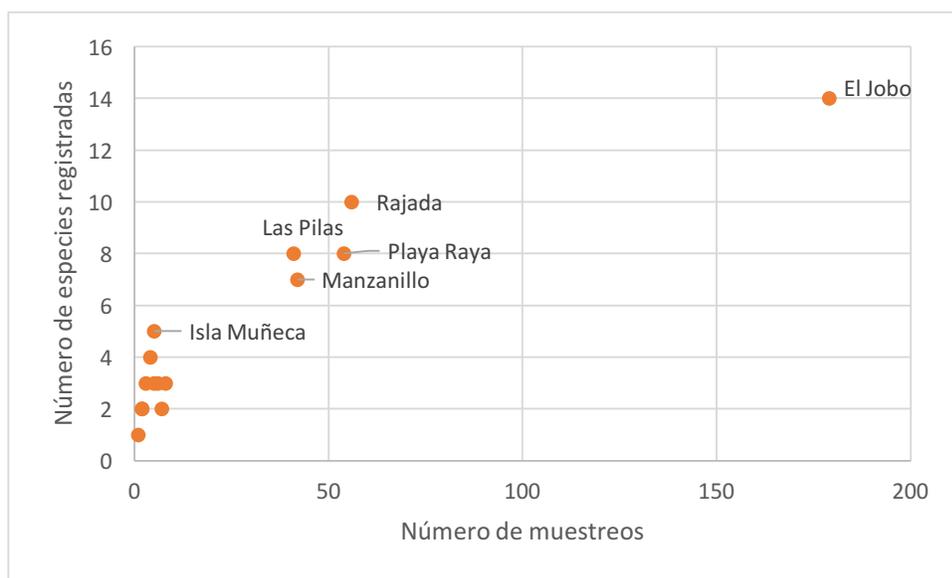


Fig. 3: Riqueza de especies registrada en la totalidad de muestreos realizados por sitio.

Si bien, todos los sitios son dominados por las rayas bentónicas *Urobatis halleri* y *Urotrygon chilensis* (Fig. 4), se observa una variabilidad tanto latitudinal como temporal en la ocurrencia de las especies entre estos

sitios (Fig. 5 y Fig. 6). Por ejemplo, la presencia de *Urotrygon munda* es dominante en Playa Coyotera y disminuye hacia el sur de la península, mientras *U. halleri* no se ha encontrado en Bahía Salinas. *U. halleri* domina sitios rocosos y de moderados impactos de marea y oleaje, mientras *U. halleri* parece preferir bahías arenosas y más protegidas, como las que se encuentran en la cara oeste de la Península Descartes entre Playa Rajada y Coquito. Las rayas de la familia Rhinobatidae (géneros *Zapteryx* y *Pseudobatos*) han sido encontrados casi exclusivamente en Playa El Jobo, mientras la mayoría de las rayas eléctricas (*Diplobatis* y *Narcine*) son capturadas al lado sur de la Península de Punta Descartes.

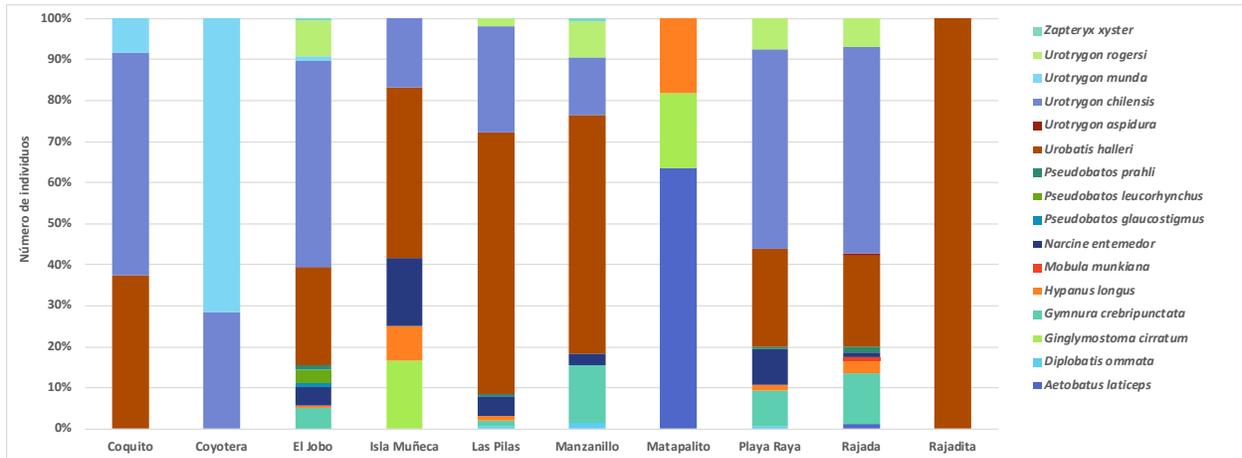


Fig. 4: Porcentaje de las especies de rayas registradas por sitio entre marzo 2018 y 2019.

A través del año, se observa una notoria variabilidad en la composición de las especies, que coincide con los meses de aguas más frías. Por ejemplo, las rayas eléctricas y peces guitarra principalmente ocurren entre febrero y marzo, cuando el agua puede alcanzar temperaturas hasta 14 grados Celsius. Por otro lado, juveniles de la raya diablo *Mobula munkiana* entran a las bahías arenosas de El Jobo y Rajada entre los meses de julio a setiembre, cuando ha sido posible capturarlas para la toma de medidas.

No obstante el número de especies registrado por sitio de muestreo sub-estiman la diversidad real, ya que solamente se toman en cuenta las especies capturadas mediante las metodologías descritas, y no las observaciones, como la raya nariz de vaca, *Styracura pacifica* o *Aetomylaeus sperrimus*, que fueron observadas frecuentemente por ejemplo en El Jobo, Matapalito e Isla Lora, pero no cuantificadas. Además, la diversidad por sitio probablemente aumente con la mayor frecuencia de muestreo en los sitios sub-muestreados actualmente, como Playa Coyotera o Coquito.

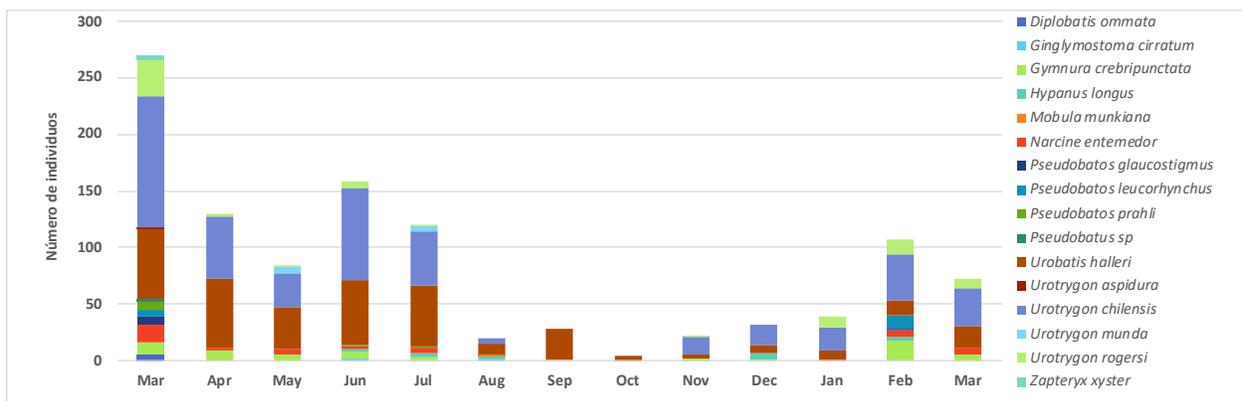


Fig. 5: Número de individuos por especie capturados en todos los sitios de muestreo por mes entre marzo 2018 y 2019.

3. Demografía y estructura de tallas

Casi todas las especies muestreadas manifestaron una mayor cantidad de hembras que machos (Fig. 4), con una proporción promedio de 2.5 hembras : 1 macho. Una proporción de 50:50 fue observada en la raya látigo *H. longus*, la eléctrica *N. entemedor*, y las guitarras *Pseudobatus* y *Zapteryx*.

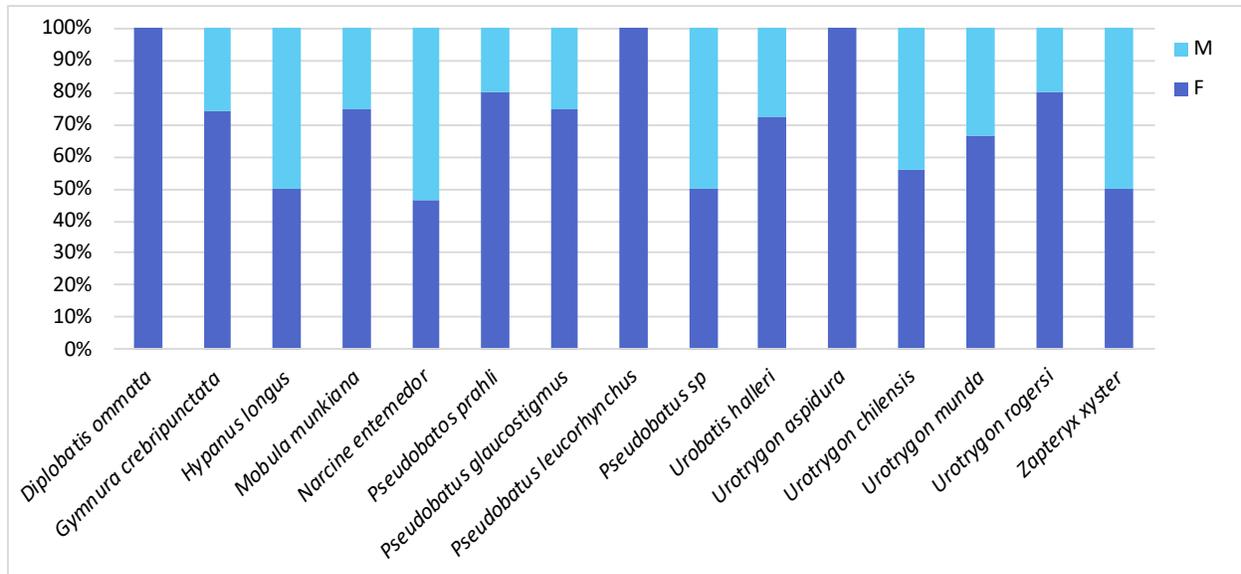


Fig. 6: Proporción de sexo en todas las especies muestreadas entre marzo 2018 – 2019.

Para las especies de mayor abundancia y representación de ambos sexos, se puede observar que las hembras son más grandes que los machos en todas las especies muestreadas (Fig. 7). Esta diferencia es particularmente notoria en especies más grandes, como la raya eléctrica gigante (*N. entemedor*) y la raya mariposa (*G. crebripunctata*), que en especies más pequeñas (*U. halleri* y *U. chilensis*).

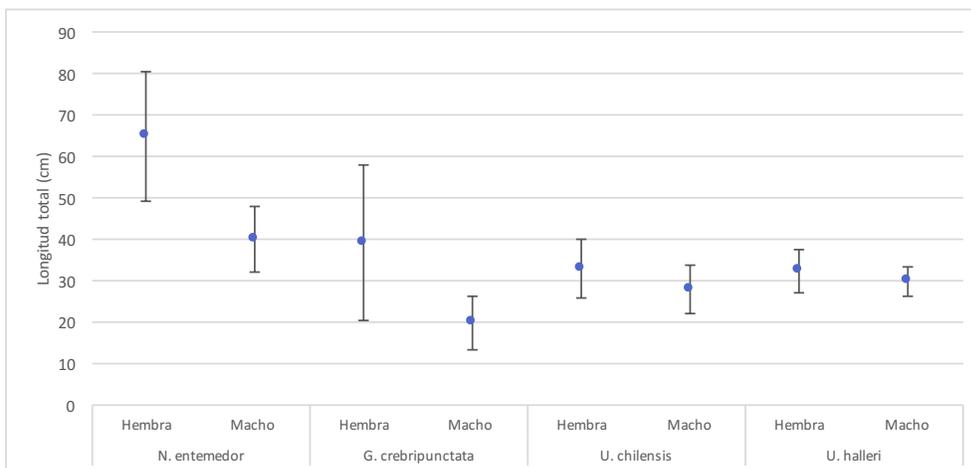


Fig. 7: Longitud total (en centímetros) ± Desviación Estándar de machos y hembras de la raya eléctrica

gigante, raya redonda chilena y raya redonda de Haller.

La abundancia de machos y hembras varía a través del año (Fig. 7), y una mayor proporción de machos es observada en los meses entre febrero y abril, que coincide con el afloramiento costeros de aguas frías. En algunas especies, como en *U. halleri* (Fig. 8.c) se observa una gran cantidad de hembras embarazadas entre los meses de julio a octubre, probablemente producto de la mayor cantidad de machos presentes entre los meses previos que corresponden a aguas calientes, mientras *U. chilensis* pareciera reproducirse a través de todo el año, con una mayor presencia de hembras embarazadas en los meses fríos. Para *N. entemedor* y *G. crebripunctata* se observa la mayor cantidad de hembras embarazadas sin aparente aumento en la proporción de machos en meses previos (Fig. 8 a, b).

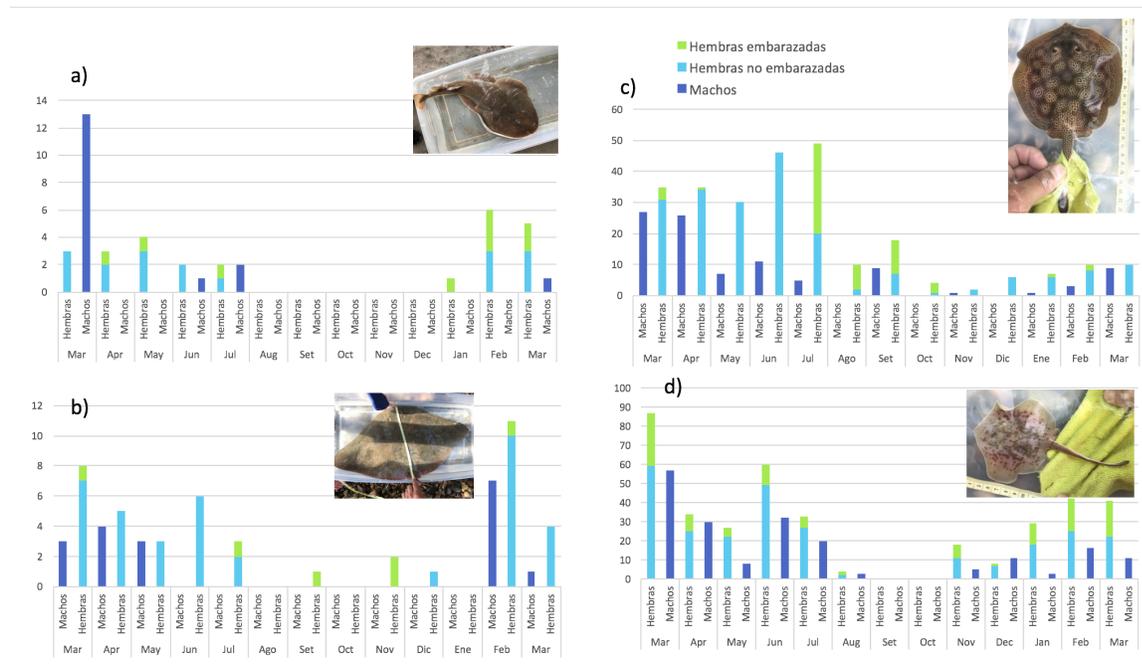


Fig. 8: Distribución de hembras y machos para a) *N. entemedor*, b) *G. crebripunctata*, c) *U. halleri* y d) *U. chilensis* entre marzo 2018 y 2019.

4. Residencia

A pesar de que se marcaron un total de 835 individuos, solamente se registraron 49 recapturas; no obstante, no se pudo determinar el periodo de residencia para estos individuos por 1) la falta de acceso a los datos colectados previamente y 2) porque los tags parecieran descomponerse demasiado rápido y pierden la información que contiene la numeración requerida para su identificación (Fig. 9). Además, la textura de las marcas es propensa a la adhesión de algas que eventualmente aceleran la descomposición o inclusive causan que las marcas son confundidas con alimento por otras especies. Por estas razones se está preparando un cambio en la metodología del marcaje.



Fig. 9: Recaptura de una marca implantada en *U.halleri*, imposible de identificar por la decomposición de una parte del tag.

Discusión

Nuestros resultados sugieren una diversidad importante de especies de rayas en el Pacífico Norte de Costa Rica, las cuales se encuentran distribuidas en áreas costeras a lo largo del Golfo de Santa Elena, Punta Descartes, y Bahía Salinas. Dentro de las especies identificadas, existe limitada información biológica en Costa Rica. La información científica que existente se limita a estudios de rayas encontradas en la pesca de arrastre en el litoral Pacífico sur (Clarke et al. 2011, 2016), una guía de identificación de especies en el Pacífico central de Costa Rica (Bussing et al. 2004), y una revisión de la diversidad y estado de conservación de las especies de rayas (Espinoza et al. 2018).

El libro de rayas del mundo ha considerado una revisión de los rangos de distribución de varias especies previamente desconocidas al Pacífico de Costa Rica (Last et al. 2016). En contraste con la revisión de las especies descritas en Last et al. (2016), se ha determinado solamente 3 de estas especies descritas en el Área de Conservación Guanacaste (ACG), dentro de las cuales esta: *Hypanus longus*, *Urobatis pardalis*, y *Narcine entemedor* (Cortés 2017). Por otro lado, el estudio de impacto ambiental relacionado a la construcción en del Hotel Dreams Las Mareas, indica la presencia de dos especies de rayas en Bahía El Jobo: *Taeniura meyeri* y *Urobatis halleri* (Grupo Unsat, 2011). De acuerdo a las especies identificadas en estos estudios y guías, existen varios vacíos en identificación correcta de las especies encontradas en el área. Por ejemplo, el estudio de impacto ambiental ha identificado dos especies de rayas, dentro de las cuales la especie *T. meyeri* presenta un patrón de coloración y morfología muy similar a *Urotrygon chilensis*, produciendo errores en la identificación correcta de las especies. Adicionalmente, el rango de distribución geográfica asignada a *T. meyeri* en Last et al. (2016) esta restringida para el Indo-Pacífico, Sudáfrica, Nueva Caledonia, China y Japón; y “no” para el Pacífico oriental. En este contexto, se demuestra la presencia de errores de identificación de las especies en el área, produciendo una confusión de especies

que ni siquiera están distribuidas en las costas del Pacífico de Costa Rica.

La influencia de eventos oceanográficos y climáticos (presencia de vientos alisios) en el Pacífico Norte de Costa Rica producen la disminución drástica de temperaturas superficiales del agua en el área (Fiedler 2002; Cortéz 2017). Estos cambios ambientales pueden afectar la distribución, presencia y comportamientos de las especies de rayas encontradas en el área. En este contexto, hay especies que son más bien residentes a lo largo de todo el año (*U. halleri* y *U. chilensis*). Sin embargo, existen otras especies que son visitantes estacionales, tales como la raya eléctrica *Diplobatis ommata*, y la presencia de diferentes especies de rayas guitarra, tales como *Zapteryx xyster*, *Pseudobatis leucorhynchus*, y *P. prahli*. Adicionalmente, se ha determinado la presencia de otras especies de rayas cuyas muestras serán futuramente analizadas en el Laboratorio de Biología Molecular (BIOMOL), de la Universidad Veritas para la confirmación genética basada en el análisis de la secuencia Barcoding COI y ND2, dentro de las cuales esta *Aetomylaeus* spp. y *Bathyraja* spp.

Si se considera el estado de conservación actual de las rayas a nivel mundial, y en específico para la región del Pacífico centroamericano, la mayoría de las especies presentan un desconocimiento biológico e información técnica relevante para evaluar su estado de conservación, catalogándolas como “No evaluadas”, “Data deficiente”, y “Menor preocupación” según la IUCN (Tabla 1). En este contexto, es de vital importancia poder aumentar el conocimiento de estas especies debido a los escasos de información y a la reconocida presión pesquera de las embarcaciones camaroneras en el área, las cuales capturan de manera incidental a las rayas, y cuyo efecto de la pesca no ha sido evaluado y considerado en las medidas de manejo adoptadas a nivel nacional para la protección de ecosistemas marinos importantes, tales como lo es el área de estudio en cuestión.

La única especie de raya identificada para el área que presenta información adecuada para la evaluación de su estado de conservación “Casi Amenazado” sería la raya diablo de Munk, *Mobula munkiana*. La raya *M. munkiana* es un visitante estacional, y se acerca a la costa entre Julio y Septiembre, donde se han observado individuos juveniles alimentándose en la zona de marea donde revienta la ola (50cm de profundidad). Individuos juveniles congregados de *M. munkiana* acercan a las costas y playas protegidas, tales como El Jobo y Rajada, probablemente para alimentarse de los afloramientos de pequeños crustáceos del orden Mysidacea.

En términos de regulación pesquera en Costa Rica, la especie *M. munkiana* al igual que *Hypanus longus* son las únicas rayas que se encuentran protegida bajo la legislación costarricense (Decreto Ejecutivo 38027-MAG) prohibiendo la captura, posesión, almacenaje, transporte, comercialización, retención abordo, ni el almacenaje de estas especies, entre otras (*Mobula* spp.). Adicionalmente, Costa Rica se comprometió con la conservación de las especies del género *Mobula* a través de su participación en varias comisiones y convenciones internacionales, como la Convención sobre Especies Migratorias (CMS), Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT), y la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies (CITES), según los cuales se prohíbe su captura, retención y transporte. El uso de múltiples hábitats en Punta Descartes y las extensas migraciones de esta especie en el Pacífico Norte de Costa Rica, la hace particularmente vulnerable a potenciales pesquerías de redes en el área.

En términos ecológicos, nuestros resultados sugieren la presencia de especies que se distribuyen en el área a lo largo del todo el año tales como *U. halleri* y *U. chilensis*, mientras que hay otras especies que tienden a ser más estacionales, caracterizada por agregaciones de juveniles y sub-adultos en aguas someras en el caso de *M. munkiana*, agregaciones de machos y hembras adultas de la raya eléctrica enana

Diplobatis ommata y las raya guitarras *Pseudobatos* spp. que aparecen con los afloramientos de aguas frías durante diciembre y marzo. La variabilidad en la composición de especies de rayas presentes en el área es bastante dinámica e imprescindible para la supervivencia de estas especies cuyos estados de conservación son bastantes pobres principalmente debido a la escases de información biológica y pesquera, aún cuando varias de estas especies son reconocidas con interés pesquero por INCOPECA (decreto AJDIP/289-2017: *Hypanus longus*, *Aetobatus laticeps*, *Pseudobatos leucorhynchus*, *U. chilensis*, *U. munda*, *U. rogersi*, y *Narcine entemedor*).

En resumen, Golfo de Santa Elena y sus costas adyacentes son importantes áreas de alimentación, crianza y reproducción principalmente para neonatos, juveniles, sub-adultos y adultos de varias especies de rayas, resaltando la importancia de estos hábitats para la conservación. Sin embargo, futuros esfuerzos de investigación son imperativamente necesarios para determinar aspectos de la historia de vida de estas especies que son determinantes para el manejo y conservación de éstas en el área.

Recomendaciones

- Continuar con el monitoreo de rayas en sitios y con frecuencias sistemáticos para estudiar la dinámica de las poblaciones locales y migratorias.
- Cambiar la metodología de marcaje de las rayas, por ejemplo al uso de microchips electrónicos.
- Buscar financiamiento para realizar rastreos satelitales de las rayas diablo (*Mobula munkiana*) para conocer la importancia de las bahías en que se agregan los juveniles entre julio y setiembre para la población local/regional y las rutas que emplea la especie.
- Ordenar la investigación de las rayas en la zona y revisar permisos existentes de los distintos interesados de diferentes organizaciones e instituciones.
- Emplear el monitoreo de rayas como una fuente de ingreso a las comunidades costeras mediante la participación de estudiantes y turistas en las actividades científicas que llevan a cabo los miembros comunitarios.

Referencias

- Alvarado, J.J., Herrera, B., Corrales, L., Asch, J. & P.Paaby. (2011). Identificación de las prioridades de conservación de la biodiversidad marina y costera en Costa Rica. *Revista Biología Tropical*: 59 (2): 829-842.
- Bussing, WA. & López, MI. (2004). Peces de Isla del Coco y arrénciales de la costa Pacífica del centro América meridional. Editorial Universidad de Costa Rica. 192pp.
- Clarke, T., Espinoza, M., Villalobos, F. & Wehrtmann, I. (2011). Summary of demersal elasmobranch studies in the continental platform of the Pacific of Costa Rica with management and conservation strategies. Technical report. 12pp.
- Clarke, T., Espinoza, M., Ahrens, R. & Wehrtmann, I. (2016). Elasmobranch bycatch associated with the shrimp trawl fishery off the Pacific coast of Costa Rica, Central America. *Fishery Bulletin* 114:1-17.
- Cortés, J. (2017). Marine biodiversity baseline for Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica: published records. *ZooKeys* 652: 127-179.
- Dulvy, N.K., Fowler, S.L., Musick, J.A., Cavanagh, R.D., Kyne, P.M., Harrison, L.R., Carlson, J.K., Davidson, L.N.K., Fordham, S., Francis, M.P. (2014). Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. *eLife* 3, e00590.
- Espinoza, M., Díaz, E., Angulo, A., Hernández, S., Clarke, T. (2018). Chondrichthyan diversity, conservation status, and management challenges in Costa Rica. *Frontiers in Marine Science* 5:1-15.
- Fiedler, PC. (2002). The annual cycle and biological effects of the Costa Rica Dommé. *Deep-Sea Research* 49:321-338.
- Grupo Unsat, Consultores Asociados S.A. (2011). Estudio de Impacto Ambiental (EslA) Proyecto: Hotel Dreams Las Mareas. La Cruz, Guanacaste.
- Last, P., White, W., de Carvalho, M., Séret, B., Stehmann, M., Naylor, G. (2016). *Rays of the World*. Csiro Publishing.