

Artisanal elasmobranch fisheries of northwestern Baja California, Mexico

Pesquería artesanal de elasmobranquios en el noroeste de Baja California, México

Omar Santana-Morales^{1, 2*}, Daniel Cartamil³, Oscar Sosa-Nishizaki¹, Rebeca Zertuche-Chanes², Enrique Hernández-Gutiérrez⁴, Jeffrey Graham³

¹ Laboratorio de Ecología Pesquera, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), Carretera Ensenada-Tijuana, no. 3918, Zona Playitas, CP 22860, Ensenada, Baja California, Mexico.

² Marine Projects Department, Ecología Cielo, Mar y Tierra Asociación Civil, Av. del Puerto 2270, Colonia Hidalgo, CP. 22880, Ensenada, Baja California, Mexico.

³ Marine Biology Research Division, Scripps Institution of Oceanography, University of California, 9500 Gilman Dr., La Jolla, San Diego, California 92093-0204, USA.

⁴ Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Carretera Transpeninsular Ensenada-Tijuana, no. 3917, Fraccionamiento Playitas, CP 22860, Ensenada, Baja California, Mexico.

* Corresponding author. E-mail: omar.santanamorales@gmail.com

ABSTRACT. Elasmobranch species composition and spatiotemporal variability can often be characterized from landing surveys of local fisheries, with important management implications. In the present study, we describe the elasmobranch landing composition of 4 major artisanal fishing ports in northwestern Baja California, Mexico. Sampling was conducted opportunistically between 1995 and 2010 and included an effort of 684 fishing days. Species composition was gear-dependent and varied with the fishing area, with thresher sharks (*Alopias vulpinus*) and spiny dogfish (*Squalus suckleyi*) dominating the catches landed by coastal gill net fisheries, and blue sharks (*Prionace glauca*) and shortfin mako sharks (*Isurus oxyrinchus*) dominating the catches landed by the offshore longline fishery. Size-structure analysis indicated that catches were composed primarily of juveniles for most species, although the catch of mature soupfin sharks (*Galeorhinus galeus*) increased in longline fisheries during the winter. The results indicate that minor regional differences in elasmobranch species composition occur along the Pacific coast of Baja California and are most likely related to regional oceanographic or habitat differences. The results of this study may form the basis for future efforts to monitor species composition changes over time, to more completely assess elasmobranch populations.

Keywords: elasmobranchs, artisanal fisheries, species composition, landing per unit effort, Baja California.

RESUMEN. La composición específica de elasmobranquios y su variabilidad espaciotemporal en una región marina frecuentemente pueden ser caracterizadas mediante el muestreo de los desembarques de la pesquería local, lo que puede tener implicaciones para su manejo. En el presente estudio, describimos la composición de los desembarques de elasmobranquios en 4 principales puertos pesqueros artesanales en el noroeste de Baja California, México. Los muestreos se realizaron de manera oportunista entre 1995 y 2010 e implicaron un esfuerzo de 684 días de pesca. La composición específica dependió del arte de pesca y de la zona de pesca, con el dominio del tiburón zorro común (*Alopias vulpinus*) y el tiburón perro espinoso (*Squalus suckleyi*) en las capturas con redes agalleras en la zona costera y el dominio del tiburón azul (*Prionace glauca*) y el tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*) en la captura con palangre en la zona oceánica. El análisis de la estructura de tallas indicó que la captura de la mayoría de las especies estuvo compuesta, principalmente, por organismos juveniles, aunque la captura de individuos maduros de tiburón sulfín (*Galeorhinus galeus*) mostró un incremento en la pesca con palangre durante el invierno. Los resultados indican que puede haber diferencias regionales menores en la composición específica de elasmobranquios a lo largo de la costa pacífica de Baja California, lo cual podría estar relacionado con diferencias oceanográficas o de hábitat entre regiones. El resultado de este estudio puede formar la base de futuros esfuerzos para monitorear los cambios en la composición de las especies a lo largo del tiempo y, así, evaluar de una manera más completa las poblaciones de elasmobranquios.

Palabras clave: elasmobranquios, pesca artesanal, composición de especies, desembarque por unidad de esfuerzo, Baja California.

INTRODUCTION

Small-scale fisheries are necessary to ensure food security and the livelihoods of many individuals from low-income coastal communities, given that these fisheries employ approximately 90% of fishers worldwide (Finkbeiner and

INTRODUCCIÓN

Las pesquerías de pequeña escala son necesarias para garantizar la seguridad alimentaria y los medios de subsistencia de muchos individuos de las comunidades costeras de bajos recursos, ya que estas pesquerías emplean a aproximadamente

Basurto 2015, Pita et al. 2019). The definition of a small-scale fishery varies from country to country. In this paper, we use the term artisanal fishery, which is commonly used in Mexico, to refer to small-scale multispecies fisheries that require low investments in technology and gear and are run by either individuals or cooperatives who sell their products locally or through exportation (Teh and Sumaila 2013).

In Mexico, artisanal elasmobranch fishing is an activity that dates to pre-Hispanic times (Applegate et al. 1993) and continues to be an important and traditional source of income for coastal communities (Bonfil 1997). Currently, Mexico is among the top 5 countries in the world that exploit sharks and rays. In 2017, elasmobranch landings in Mexico totaled 50,751 t, and the Pacific coast fisheries accounted for 78.5% of these landings (CONAPESCA 2017). Although commercial shark fisheries are present, artisanal fisheries land about 80% of total elasmobranch landings in Mexico (Castillo-Geniz 1992). Furthermore, it has been estimated that about 130,000 artisanal fishing vessels operate in Mexico (Bizzarro et al. 2007) and land bony fishes, elasmobranchs, invertebrates, and macroalgae across the 180 landing sites that are distributed along the Mexican coastline (Jorge Oviedo, Mexican National Fisheries Institute, pers. comm.).

Mexican artisanal elasmobranch fisheries lack monitoring, which is a problem for the estimation of catch trends, stock parameters, and other sustainable management metrics. In Baja California (BC), monitoring deficiency is primarily due to the remoteness of many fishing villages. Another major problem is the lack of knowledge regarding the species composition of landed catches. Official Mexican fishery institutions, which depend on data from fishers in the form of landing slips, have recorded commercially exploited elasmobranch catches and have classified these elasmobranchs into 5 groups: *tiburón* (sharks greater than 1.5 m total length), *cazón* (sharks less than 1.5 m total length), *angelito* (*Squatina californica*), *rayas* (batoids), and *guitarra* (guitarfishes) (SAGARPA 2012). Elasmobranch diversity in Mexico is relatively high, and several studies of coastal regions have reported as many as 52 species (Bizzarro et al. 2009a, 2009b, 2009c; Smith et al. 2009; Cartamil et al. 2011; Ramírez-Amaro et al. 2013).

Since the end of the drift gill net fishery in 2010, elasmobranch fishing along the western coast of BC has only been carried out by artisanal and mid-size pelagic longline fisheries (Sosa-Nishizaki et al. 2008). The artisanal fisheries of the southern portion of the peninsula have been described by Cartamil et al. (2011) and Ramírez-Amaro et al. (2013). Both studies described the seasonal species composition of catches and characterized the fishing effort. Studies like these provide important data needed for the management of artisanal fisheries, which are typically data limited. However, the fisheries of the west coast of the northern portion of the Baja California Peninsula have not yet been described. In addition, species composition may vary widely along the peninsula because of the large differences in oceanographic regimes, and it is thus

90% de los pescadores en el mundo (Finkbeiner y Basurto 2015, Pita et al. 2019). La definición de pesquería de pequeña escala varía de país a país. En este trabajo utilizamos el término pesquería artesanal, el cual se usa comúnmente en México, para referirnos a las pesquerías multiespecíficas de pequeña escala que requieren baja inversión en tecnología y artes de pesca y que son dirigidas ya sea por individuos o por cooperativas que venden sus productos de manera local o a través de la exportación (Teh y Sumaila 2013).

La pesca artesanal de elasmobranchios en México es una actividad que data de tiempos prehispánicos (Applegate et al. 1993) y que continúa siendo una fuente de ingresos importante y tradicional para las comunidades costeras (Bonfil 1997). Actualmente, México se encuentra entre los 5 países principales que explotan tiburones y rayas. En 2017, el total de los desembarques de elasmobranchios en México fue de 50,751 t, del cual las pesquerías de la costa del Pacífico aportaron el 78.5% (CONAPESCA 2017). A pesar de que existen pesquerías comerciales de tiburones, las pesquerías artesanales aportan alrededor del 80% del total de los desembarques en México (Castillo-Geniz 1992). Además, se estima que alrededor de 130,000 embarcaciones de pesca artesanal operan en México (Bizzarro et al. 2007) y desembarcan peces óseos, elasmobranchios, invertebrados y macroalgas en los 180 sitios de desembarque que se distribuyen a lo largo de la costa de México (Jorge Oviedo, Instituto Nacional de Pesca en México, com. pers.).

No existe un monitoreo para la pesca artesanal de elasmobranchios en México, lo cual es un problema para la estimación de las tendencias de captura, los parámetros de la población pesquera y otras métricas para el manejo sustentable. En Baja California (BC), la deficiencia de monitoreo se debe a que muchos de los campos pesqueros son remotos. Otro problema importante es la ausencia de conocimiento de la composición específica de las capturas desembarcadas. Las instituciones oficiales para la pesca en México, que dependen de los informes de arribo proporcionados por los pescadores, han registrado capturas de elasmobranchios explotadas comercialmente y han clasificado a estos elasmobranchios en 5 grupos: tiburón (tiburones con longitudes totales mayores que 1.5 m), cazón (tiburones con longitudes totales menores que 1.5 m), angelito (*Squatina californica*), rayas (batoideos) y guitarra (peces guitarra) (SAGARPA 2012). La diversidad de elasmobranchios en México es relativamente alta, y diversos estudios de las regiones costeras han reportado hasta 52 especies (Bizzarro et al. 2009a, 2009b, 2009c; Smith et al. 2009; Cartamil et al. 2011; Ramírez-Amaro et al. 2013).

Desde el fin de la pesquería con redes de deriva en 2010, la pesca de elasmobranchios a lo largo de la costa oeste de BC solo se lleva a cabo por las pesquerías con palangre pelágico artesanales y de mediana escala (Sosa-Nishizaki et al. 2008). Las pesquerías artesanales del sur de la península fueron descritas por Cartamil et al. (2011) y Ramírez-Amaro et al. (2013). Los 2 estudios describieron la composición estacional de especies en las capturas y caracterizaron el esfuerzo

important to have representative data from all regions and fisheries. For example, for the west coast of Baja California Sur, Ramírez-Amaro et al. (2013) found significant differences in the composition and abundance of elasmobranch species that were related to the biogeographic provinces in the sampling area.

The present study describes the species composition and characteristics of landings made by the artisanal elasmobranch fisheries in northwestern BC. Information on the fishing fleet and shark fin trade is also provided when available. The results from previous studies (Bizarro et al. 2009a, 2009b, 2009c; Smith et al. 2009; Cartamil et al. 2011; Ramírez-Amaro et al. 2013) and those obtained in this study are important for designing region-specific fishery management plans and may form the basis for future monitoring and population assessment efforts.

MATERIALS AND METHODS

Study Area

This study focuses on the northwestern coast of BC, Mexico, from the United States (US)–Mexico border (32.5° N) to San Quintín (30° N) (Fig. 1). This coastal zone contains the highest human population density of the Baja California Peninsula, and high levels of infrastructure and coastal access are present (INEGI 2019). Coastal waters in this region are strongly influenced by the cold, southward-flowing California Current and are characterized by high primary productivity that is driven by upwelling (Zaytsev et al. 2003, Durazo 2009). The coastal region is generally inhabited by marine species pertaining to the San Diego marine province (Horn et al. 2006). The continental shelf is relatively narrow, extending 6–26 km offshore.

Overview of data collection

There are 19 artisanal fishing camps within the study region (Cartamil et al. 2011). In the present study, we concentrated our survey effort on 4 of the largest camps (Popotla, Ensenada, Erendira, and San Quintín; Fig. 1). We utilized data from various camp surveys conducted opportunistically over a 15-year period (1995–2010, Table 1). The first 2 Ensenada sampling events and the first San Quintín sampling event (Table 1) were carried out by graduate students from the CICESE Laboratory of Fisheries Ecology, while the remaining sampling events were carried out by staff from the same laboratory as part of a research project to characterize the capture of elasmobranchs in the region.

In the first visit to a sampling location, fishers indicated on a map the location of their fishing gears. Upon arrival of each vessel, the type of fishing gear and its characteristics were documented. When possible, the entire catch landed by a vessel was recorded, including bony fishes and invertebrates (although not reported in this study). Landed elasmobranchs

pesquero. Este tipo de estudios proporcionan datos importantes que son necesarios para el manejo de las pesquerías artesanales, las cuales típicamente carecen de información. Sin embargo, las pesquerías de la costa oeste del norte de la península de Baja California no han sido descritas. Además, la composición específica puede variar ampliamente a lo largo de la península debido a las grandes diferencias en los regímenes oceanográficos, y por tanto es importante tener datos representativos de todas las regiones y pesquerías. Por ejemplo, para la costa oeste de Baja California Sur, Ramírez-Amaro et al. (2013) encontraron que la composición y la abundancia de las especies de elasmobranchios difirieron significativamente en relación con las provincias biogeográficas en el área de estudio.

El presente estudio describe la composición específica y las características de los desembarques de las pesquerías artesanales de elasmobranchios en el noroeste de BC. También se proporciona la información que estuvo disponible de la flota pesquera y del comercio de las aletas de tiburón. Los resultados de trabajos pasados (Bizarro et al. 2009a, 2009b, 2009c; Smith et al. 2009; Cartamil et al. 2011; Ramírez-Amaro et al. 2013) y los de este estudio son importantes para diseñar planes de manejo pesquero específicos para cada región y pueden formar la base para futuros esfuerzos de monitoreo y evaluación de poblaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Este estudio se centra en la costa noroeste de BC, México, desde la frontera de Estados Unidos (EUA) con México (32.5° N) hasta San Quintín (30° N) (Fig. 1). Esta zona costera contiene la mayor densidad de población humana de la península de Baja California y presenta altos niveles de infraestructura y acceso costeros (INEGI 2019). Las aguas costeras de esta región son influenciadas fuertemente por la corriente de California, la cual es fría y fluye hacia el sur, y se caracterizan por la alta productividad, la cual es impulsada por las surgencias (Zaytsev et al. 2003, Durazo 2009). En general, la región costera es habitada por especies marinas pertenecientes a la provincia marina de San Diego (Horn et al. 2006). La plataforma continental es relativamente estrecha y se extiende por 6–26 km mar adentro.

Resumen de la recolección de datos

Existen 19 campos pesqueros artesanales dentro de la región de estudio (Cartamil et al. 2011). En el presente estudio, concentramos nuestros esfuerzos de muestreo en 4 de los campos más grandes (Popotla, Ensenada, Erendira y San Quintín; Fig. 1). Utilizamos los datos de varios muestreos de campo conducidos de manera oportunista en un periodo de 15 años (1995–2010, Tabla 1). Los primeros 2 muestreos de Ensenada y el primero de San Quintín (Tabla 1) fueron

were identified to the species level when possible using regional identification guides (Eschmeyer et al. 1983). In most cases, sex was recorded by the presence or absence of male claspers.

Due to the different seasons across sampling dates and locations, the procedures used in this study were adapted from various publications (Bizzarro et al. 2009b, Smith et al. 2009, Cartamil et al. 2011) and are described in the following section.

Artisanal fishing camp sampling

Popotla is the largest artisanal fishing camp near the US–Mexico border and has been used as a fishing port for over 40 years. Thirty-six sampling trips between October 2008 and October 2010 were conducted to evaluate fishing effort, species composition in catches, and total capture by artisanal fishing vessels (Table 1). All elasmobranch measurements were recorded to the nearest 0.5 cm. For shark species, total length (TL, Compagno 2001) was recorded

realizados por estudiantes de posgrado del Laboratorio de Ecología Pesquera del CICESE, y el resto de los eventos de muestreo fueron realizados por el personal del mismo laboratorio como parte de un proyecto para caracterizar la captura de elasmobranquios en la región.

Durante la primera visita a un sitio de muestreo, los pescadores indicaron en un mapa la ubicación de sus equipos de pesca. Al llegar cada embarcación, se documentó el tipo de arte de pesca y sus características. Cuando fue posible, se registró la captura completa desembarcada por una embarcación, incluso a los peces óseos y los invertebrados (aunque no fueron reportados en este estudio). Cuando fue posible, los elasmobranquios desembarcados fueron identificados a nivel de especie utilizando las guías de identificación regionales (Eschmeyer et al. 1983). En la mayoría de los casos, se registró el sexo tomando en cuenta la presencia o ausencia de gonopterigios.

Debido a las diferencias estacionales en las fechas de muestreo y en las locaciones, los procedimientos utilizados en este estudio fueron adaptados de diferentes publicaciones (Bizzarro et al. 2009b, Smith et al. 2009, Cartamil et al. 2011) y se describen en la siguiente sección.

Muestreo de los campos pesqueros artesanales

Popotla es el campo pesquero artesanal más grande cerca de la frontera de México con EUA y se ha utilizado como un puerto pesquero por más de 40 años. Se realizaron 36 muestreos entre octubre de 2008 y octubre de 2010 para evaluar el esfuerzo pesquero, la composición específica de las capturas, y la captura total de las embarcaciones pesqueras artesanales (Tabla 1). Todas las medidas de los elasmobranquios se registraron al 0.5 cm más cercano. Para las especies de tiburón, se registró la longitud total (LT, Compagno 2001) utilizando la extensión natural de la aleta caudal, pero para el tiburón zorro común (*Alopias vulpinus*) se utilizó la longitud furcal (LF). Para los batoideos, se registró el ancho de disco, pero para los peces guitarra *Pseudobatos* y *Zapteryx* se utilizó la LT. Los tiburones mamones (i.e., *Mustelus californicus* y *Mustelus henlei* y posiblemente *Mustelus lunulatus* y *Mustelus albigipinnis*) fueron agrupados en una categoría para evitar errores de identificación. En algunos casos, la identificación no ambigua fue posible para *M. henlei*, y estos datos se reportaron por separado.

El desembarque por unidad de esfuerzo (DPUE) se calculó por especie para cada tipo de arte de pesca principal, en donde el desembarque fue el número de individuos desembarcados por especie y la unidad de esfuerzo fue el viaje de pesca. Sin embargo, el esfuerzo de pesca no fue estandarizado debido a que las embarcaciones frecuentemente pescaban con un número variable o no cuantificable de anzuelos o redes.

El supuesto de proporciones sexuales iguales (1:1) en las descargas fue probado con un análisis de chi cuadrada con una corrección de Yate de continuidad (Zar 1996, Bizzarro et al. 2009c). Este análisis se realizó para las especies de elasmobranquios para las cuales se tuvieron datos del sexo y se

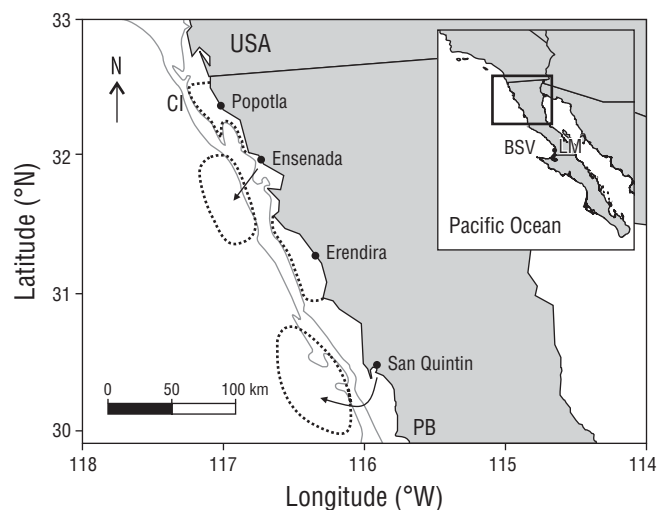


Figure 1. Location of the 4 artisanal fishery ports surveyed in this study along the northwestern coast of Baja California, Mexico. Dotted black lines delimit the fishing areas for each camp. The 200-m (inner) and 1,000-m (outer) bathymetry lines are shown in grey. CI = Coronado Islands; PB = Punta Baja; BSV = Bahía Sebastián Vizcaíno; LM = Laguna Manuela. The insert shows the location of the study area relative to the United States and mainland Mexico.

Figura 1. Ubicación de los 4 puertos pesqueros artesanales estudiados en este estudio a lo largo de la costa noroeste de Baja California, México. Las líneas negras punteadas delimitan las áreas de pesca para cada campo pesquero. Las líneas de batimetría de 200 m (interior) y 1,000 m (exterior) se muestran en gris. CI = islas Coronado; PB = punta Baja; BSV = bahía Sebastián Vizcaíno; LM = laguna Manuela. El recuadro muestra la ubicación del área de estudio en relación con los Estados Unidos y México continental.

Table 1. Location, sampling period, number of days sampled, number of vessels sampled, and type of fishing gear reported.**Tabla 1.** Ubicación, periodo de muestreo, número de días muestreados, número de barcos muestreados y tipo de arte de pesca registrado.

Location	Sampling period	Days	Vessels	Gear Type
Popotla	Oct 2008 to Oct 2010	36	194	Gill net, trap
Ensenada	Jun 1995 to Jun 1996	15	20	Longline
Ensenada	Jul 1999 to May 2000	6	6	Longline
Ensenada	Dec 2007 to Sep 2010	74	221	Longline
Erendira	Jan 2006 to Dec 2008	540	2,580	Gill net
San Quintín	Aug 2000 to May 2001	13	31	Longline

using the natural extension of the caudal fin, but fork length (FL) was used for thresher sharks (*Alopias vulpinus*). For batoids, disc width was recorded, but TL was used for *Pseudobatos* and *Zapteryx* guitarfishes. Smoothhound sharks (i.e., *Mustelus californicus* and *Mustelus henlei* and possibly *Mustelus lunulatus* and *Mustelus albiginnis*) were grouped into one category (*Mustelus* spp.) to avoid misidentification. In some cases, unambiguous identification was possible for *M. henlei*, and these data were reported separately.

Landing per unit effort (LPUE) was calculated per species for each major gear type, where the landings were taken to be the number of individuals landed per species and the unit of effort was a single fishing trip. However, fishing effort was not standardized given that vessels often fished with a variable or an unquantifiable number of hooks or nets.

The assumption of equal sex ratios (1:1) within the landings was tested using chi-square analysis with a Yate correction for continuity (Zar 1996, Bizzarro et al. 2009c). This analysis was performed for elasmobranch species for which sex data were available and >40 individuals were landed. Histograms of sex-specific sizes were plotted for each elasmobranch species and interpreted using size-at-maturity data from Ebert (2003). In cases where $n < 10$, only the summary statistics of mean size \pm standard deviation (SD) were given. Similar analyses were conducted on data collected at the other artisanal camps.

The Ensenada artisanal fleet has used longlines to target pelagic elasmobranchs for over 30 years. We sampled landings by longline vessels during the periods from June 1995 to March 1996, July 1999 to May 2000 (Furlong-Estrada et al. 2017), and 2007 to 2010 (Table 1). Given that sharks were beheaded and gutted at sea before returning to port, we measured the alternative length (AL, the distance from the origin of the first dorsal fin to the origin of the second dorsal fin) of each shark. For reporting purposes, AL was converted to TL (or FL for thresher sharks) using equations that were defined by the measurements made during this study and data collected by Cartamil et al. (2011) (Table 2). For cases in which dressed sharks (i.e., head and viscera removed) were brought

desembarcaron >40 individuos. Se realizaron histogramas para las tallas específicas por sexo para cada especie de elasmobranchio y se interpretaron usando los datos de la talla de madurez de Ebert (2003). Para casos en los cuales $n < 10$, solo se proporcionó la estadística general de la talla promedio \pm desviación estándar (DS). Se realizaron análisis similares con los datos de los otros campos artesanales.

La flota artesanal de Ensenada ha utilizado el palangre para capturar elasmobranchios pelágicos por más de 30 años. Muestreamos los desembarques de las embarcaciones palangreras durante los periodos de junio de 1995 a marzo de 1996, de julio de 1999 a mayo de 2000 (Furlong-Estrada et al. 2017) y de 2007 a 2010 (Tabla 1). Dado que los tiburones fueron decapitados y eviscerados en el mar antes de regresar al puerto, medimos la longitud alterna (LA, la distancia desde el origen de la primera aleta dorsal hasta el origen de la segunda aleta dorsal) de cada tiburón. Con fines informativos, LA se transformó a LT (o LF para el tiburón zorro común) utilizando ecuaciones definidas por las mediciones realizadas durante este estudio y los datos recolectados por Cartamil et al. (2011) (Tabla 2). Cuando llegaron al puerto tiburones eviscerados (i.e., sin cabeza ni vísceras) con sus aletas correspondientes, calculamos el peso de las aletas (i.e., dorsal, pectoral, pélvica y lóbulo caudal inferior) como un porcentaje del peso eviscerado. Adicionalmente, se calculó el ingreso de los pescadores por la venta de aleta de tiburón y se obtuvo el precio promedio por kilogramo de la aleta desembarcado.

En el puerto de Erendira, analizamos los desembarques de la única cooperativa pesquera, Productos Marinos Erendira, de enero de 2006 a diciembre de 2008 (Tabla 1). Los registros consistieron en el peso total de cada especie de los peces capturados por día por cada embarcación pesquera. En algunos casos, ciertas especies de bajo valor se registraron como grupos de especies. En particular, 3 grupos de especies, cada uno compuesto por *Myliobatis californica* y *Gymnura marmorata*, *Squalus suckleyi* y *Heterodontus francisci*, y *Pseudobatos productus* y *Zapterix exasperata*, respectivamente, fueron creados por la cooperativa pesquera debido a la

Table 2. Elasmobranch species documented in the Ensenada artisanal longline fishery during 2007–2010. The equations used to transform alternative length (AL) to total length (TL) and to fork length (FL) are given after Cartamil et al. (2011). The number of individuals documented is given by n . The percentage (%) refers to the proportion of the total landed. The landing per unit effort (LPUE) is the mean land per trip. SE is the standard error.

Tabla 2. Especies de elasmobranquios documentadas en la pesquería artesanal con palangre en Ensenada durante 2007–2010. Las ecuaciones utilizadas para transformar la longitud alterna (AL) a la longitud total (TL) y a la longitud furcal (FL) se basan en Cartamil et al. (2011). El número de individuos documentados viene dado por n . El porcentaje (%) se refiere a la proporción del total desembarcado. El desembarque por unidad de esfuerzo (LPUE) es el desembarque promedio por viaje. SE es el error estándar.

Species	Equations	n	%	LPUE	SE
<i>Prionace glauca</i>	TL = 3.344 (AL) + 14.2	4,893	93.54	22.241	2.737
<i>Isurus oxyrinchus</i>	TL = 2.686 (AL) + 9.38	194	3.71	0.878	0.137
<i>Alopias vulpinus</i>	FL = 2.413 (AL) + 13.9	69	1.32	0.312	0.086
<i>Galeorhinus galeus</i>	TL = 2.5348 (AL) + 20.287	60	1.15	0.271	0.064
<i>Alopias superciliosus</i>	-	10	0.19	0.045	0.045
<i>Squalus suckleyi</i>	-	3	0.06	0.014	0.010
<i>Sphyrna zygaena</i>	-	1	0.02	0.005	0.005
<i>Pteroplatytrygon violacea</i>	-	1	0.02	0.005	0.005

into port with their corresponding fins, we calculated the weight of the fins (i.e., dorsal, pectoral, pelvic, and lower caudal lobe) as a percentage of the dressed weight. Additionally, fisher income from the sale of shark fins was quantified to ascertain the average ex-vessel fin price per kilogram.

At the Port of Erendira, we analyzed landing records from the sole fishing cooperative, *Productos Marinos Erendira*, from January 2006 through December 2008 (Table 1). The records consisted of the total weight of each fish species captured per day by each fishing vessel. In some cases, certain low-value species were recorded as species groups. Specifically, 3 species groups comprised of *Myliobatis californica* and *Gymnura marmorata*, *Squalus suckleyi* and *Heterodontus francisci*, and *Pseudobatos productus* and *Zapterix exasperata*, respectively, were created by the fishing cooperative because of their similar economic values. In addition, thresher shark length data were collected opportunistically during this period.

At San Quintín, 13 sampling trips were made to the fishing camp from August 2000 to May 2001 (Table 1). Blue shark individuals were measured and sexed, and the number of all other captured species was recorded.

RESULTS

Popotla

Fishing activity took place within an area spanning 30 km along the US–Mexico border and 20 km from the coast, including the waters around Coronado Islands (Fig. 1). Most of the product brought into this camp by fishers was sold

similarly to their economic values. Additionally, we collected data of the length of the zorro shark common of an opportunistic manner during this period.

In San Quintín, 13 trips were made to the fishing camp from August 2000 to May 2001 (Table 1). Blue shark individuals were measured and sexed, and the number of all other captured species was recorded.

RESULTADOS

Popotla

The fishing activity was carried out in an area that covers 30 km along the border between the USA and Mexico and 20 km from the coast, including the waters around the Coronado Islands (Fig. 1). Most of the product that the fishermen brought to this camp was sold to buyers on the beach. We documented 194 artisanal fishing trips during 36 days of sampling in the port. The recorded fishing gear were bottom gillnets (18–60 m depth) that presented a length of 0.08–2.4 km and mesh size of 5–20 cm (mesh opening). Each fishing trip documented used various gillnets (up to 4) that were located in various locations. The gillnets were revisited every 24 h and were removed only when the conditions were unfavorable. The effort of the fishing with gillnets was directed primarily to the teleosts, which were composed of 23 species. Additionally, we recorded an important seasonal fishing activity for the cangrejos (*Cancer* spp. and *Stenocionops* spp.), the erizos de

directly to buyers on the beach. Landings from 194 artisanal fishing vessels were documented during 36 d of port sampling. The recorded fishing gears were bottom-set (18–60 m depth) gill nets that were 0.08–2.4 km in length with mesh sizes of 5–20 cm (stretched opening). Each documented vessel used several gill nets (up to 4) that were placed at various locations. Gill nets were checked every 24 h and were pulled out only when bad weather approached. The gill net fishing effort was primarily directed at teleosts, which were comprised of 23 species. In addition, important seasonal fishing activity was recorded for crabs (*Cancer* spp. and *Stenocionops* spp.), sea urchins (*Strongylocentrotus franciscanus*), and California red lobster (*Panulirus interruptus*), which constituted a significant portion of the landings (data not presented in this study).

Elasmobranchs comprised a significant portion of the incidental catch, with a total of 985 specimens from 19 species; in addition, one Holocephali species (29 specimens) was recorded (Table 3). With the exception of white sharks

mar (*Strongylocentrotus franciscanus*) y la langosta roja de California (*Panulirus interruptus*), los cuales constituyeron una parte significativa de los desembarques (datos no presentados en este estudio).

Los elasmobranquios constituyeron una porción significativa de la captura incidental, con un total de 985 especímenes de 19 especies; además, se registró una especie de holocéfalo (29 especímenes) (Tabla 3). Con la excepción de los tiburones blancos (*Carcharodon carcharias*) que fueron regresados al agua debido a su estatus de protección (DOF 2007) y las guitarras espinudas (*Platyrrhinoidis triseriata*) y las quimeras manchadas que fueron utilizadas únicamente como carnada para trampas, todos los tiburones y todas las rayas fueron comercializados para consumo humano, incluyendo una hembra de tiburón peregrino (*Cetorhinus maximus*) que midió 6.64 m LT. El tiburón perro espinoso (*S. suckleyi*) fue el elasmobranquio más comúnmente desembarcado. Esta especie constituyó el 21.99% del total de los desembarques

Table 3. Chondrichthyan species documented in the Popotla artisanal fishery (using gill nets and traps; *n*, number of individuals). MS indicates the collected measurement: total length (TL), alternative length (AL), or disk width (DW). LR indicates the length range. The percentage (%) refers to the proportion of the total catch. LPUE refers to the landing per unit effort (mean catch per trip). SE is the standard error.

Tabla 3. Especies de condriictios documentadas en la pesquería artesanal de Popotla (utilizando redes agalleras y trampas; *n*, número de individuos). MS indica la medida recolectada: longitud total (TL), longitud alterna (AL) o ancho de disco (DW). LR indica el rango de longitud. El porcentaje (%) se refiere a la proporción de la captura total. LPUE se refiere al desembarque por unidad de esfuerzo (captura media por viaje). SE es el error estándar.

Species	<i>n</i>	MS	LR	%	LPUE	SE
<i>Squalus suckleyi</i>	223	TL		21.99	1.155	0.152
<i>Platyrrhinoidis triseriata</i>	176	TL	20–52	17.36	0.912	0.370
<i>Myliobatis californica</i>	166	DW	14–190	16.37	0.860	0.343
<i>Mustelus</i> spp.	122	TL	59–100	12.03	0.632	0.253
<i>Beringraja inornata</i>	73	DW	25–95	7.20	0.378	0.157
<i>Pseudobatos productus</i>	72	TL	59–149	7.10	0.373	0.168
<i>Alopias vulpinus</i>	54	AL	25–72	5.33	0.280	0.180
<i>Squatina californica</i>	35	TL	48–120	3.45	0.181	0.090
<i>Hydrolagus collicii</i>	29	TL	35–62	2.86	0.150	0.119
<i>Cephaloscyllium ventriosum</i>	20	TL	58–106	1.97	0.104	0.131
<i>Triakis semifasciata</i>	13	TL	56–140	1.28	0.067	0.090
<i>Galeorhinus galeus</i>	10	TL	91–130	0.99	0.052	0.070
<i>Zapteryx exasperata</i>	8	AL	50–85	0.79	0.041	0.204
<i>Notorynchus cepedianus</i>	4	TL	105–260	0.39	0.021	0.071
<i>Heterodontus francisci</i>	3	TL	55–90	0.30	0.016	0.093
<i>Carcharodon carcharias</i>	2	TL	151–195	0.20	0.010	0.072
<i>Narcine entemedor</i>	1	-	No data	0.10	0.005	0.072
<i>Isurus oxyrinchus</i>	1	AL	51	0.10	0.005	0.072
<i>Gymnura marmorata</i>	1	-	No data	0.10	0.005	0.072
<i>Cetorhinus maximus</i>	1	TL	6.64	0.10	0.005	0.072

(*Carcharodon carcharias*) that were returned to the water because of their protection status (DOF 2007) and thornback guitarfish (*Platyrhinoidis triseriata*) and spotted ratfish (*Hydrolagus collii*) that were used only as bait for traps, all sharks and rays were marketed for human consumption, including a 6.64 m TL female basking shark (*Cetorhinus maximus*). The spiny dogfish shark (*S. suckleyi*) was the most commonly landed elasmobranch. This species comprised 21.99% of total landings and presented a F:M sex ratio of 7.2:1.0 ($P < 0.001$) and a LPUE value of 1.155. Other commonly landed elasmobranchs included the thornback guitarfish (*P. triseriata*; 17.36% of total landings, LPUE = 0.912), bat ray (*M. californica*; 16.37% of total landings, LPUE = 0.860), and *Mustelus* spp. (12.03% of total landings, LPUE = 0.632). For the spiny dogfish shark (F:M, 7.2:1.0; $P < 0.001$), a significantly greater number of females were captured than males, whereas the opposite was observed for the thornback guitarfish (F:M, 1.0:68.0; $P < 0.001$) (Fig. 2).

Ensenada

The artisanal pelagic elasmobranch fishery based in Ensenada utilized an area within 50 km from the coast that extended 30 km to the north and south (Fig. 1). From June 1995 to March 1996, we documented a total of 697 blue sharks, 23 shortfin mako sharks, and 1 soupfin shark during 15 sampling days. Blue shark sizes ranged from 72 to 265 cm TL, although the sizes of most specimens ranged between 100 and 160 cm TL (Fig. 3a). During sampling trips from July 1999 to May 2000 (reported by Furlong-Estrada et al. 2017), 433 blue sharks were captured that ranged in size from 70 to 250 cm TL, with most individuals measuring between 90 and 130 cm TL (Fig. 3b).

During the more recent sampling dates from 2007 to 2010 (221 artisanal fishing vessels sampled over 74 d), we documented the use of longlines (3.0–4.5 km in length) with an average of 350 J-hooks (6–8 cm in length). Longlines were set near the surface to target pelagic elasmobranchs, and 5,231 individuals belonging to 8 species were examined (Table 2). The most abundant species was the blue shark (93.54% of total landings, LPUE = 22.241), followed by the shortfin mako shark (3.71% of total landings, LPUE = 0.878). Blue sharks ranged in size from 68 to 446 cm TL, although most sharks measured between 100 and 140 cm TL. Shortfin mako sharks ranged in size from 70 to 203 cm TL, although most sharks were between 90 and 150 cm TL (Fig. 4a). Taking into account known length-at-maturity data, most specimens were deemed immature. In addition, the F:M ratios were not significantly different from 1:1 for any of the surveyed species.

During sampling (2007–2010), blue sharks constituted more than 80% of the landings throughout the year, with a maximum of 96% of the landings during summer. Shortfin mako sharks constituted between 1.4% and 4.3% of the landings throughout the year. Thresher sharks constituted between 2% and 3% of landings during the spring and summer seasons.

y presentó una proporción H:M de 7.2:1.0 ($P < 0.001$) y un valor de DPUE de 1.155. Otros elasmobranchios que se desembarcaron frecuentemente fueron la guitarra espinuda (*P. triseriata*; 17.36% del total de los desembarques, DPUE = 0.912), la raya murciélago (*M. californica*; 16.37% del total de los desembarques, DPUE = 0.860) y *Mustelus* spp. (12.03% del total de los desembarques, DPUE = 0.632). Para el tiburón perro espinoso (H:M, 7.2:1.0; $P < 0.001$), se capturó un número significativamente más alto de hembras que de machos, mientras que para la guitarra espinuda, se observó lo opuesto (H:M, 1.0:68.0; $P < 0.001$) (Fig. 2).

Ensenada

La pesquería artesanal de elasmobranchios pelágicos con base en Ensenada utilizó un área situada a menos de 50 km de la costa que se extendía 30 km al norte y al sur (Fig. 1). De junio de 1995 a marzo de 1996, documentamos un total de 697 tiburones azules, 23 tiburones mako de aleta corta y un tiburón sulfín durante 15 d de muestreo. Las tallas del tiburón azul oscilaron entre 72 y 265 cm LT, aunque la mayoría de los individuos midieron entre 100 y 160 cm LT (Fig. 3a). Durante los viajes de muestreo de julio de 1999 a mayo de 2000 (reportado por Furlong-Estrada et al. 2017), se capturaron 433 tiburones azules cuyas tallas oscilaron entre 70 y 250 cm LT; la mayoría de los individuos midieron entre 90 y 130 cm LT (Fig. 3b).

Durante los muestreos más recientes de 2007 a 2010 (221 embarcaciones de pesca artesanal muestreadas durante 74 d), documentamos el uso de palangres (3.0–4.5 km de largo) con un promedio de 350 anzuelos tipo J (6–8 cm de largo). Se colocaron palangres cerca de la superficie para capturar a los elasmobranchios pelágicos, y se examinaron 5,231 individuos de 8 especies (Tabla 2). La especie más abundante fue el tiburón azul (93.54% del total de los desembarques, DPUE = 22.241), seguido del tiburón mako de aleta corta (3.71% del total de los desembarques, DPUE = 0.878). Las tallas del tiburón azul oscilaron entre 68 y 446 cm LT, aunque la mayoría de los tiburones midieron entre 100 y 140 cm LT. Las tallas de los tiburones mako de aleta corta oscilaron entre 70 y 203 cm LT, aunque la mayoría de los tiburones midieron entre 90 y 150 cm LT (Fig. 4a). Tomando en cuenta los datos de la talla de madurez conocida, la mayoría de los especímenes se consideraron inmaduros. Además, la proporción H:M no difirió significativamente de la proporción 1:1 para ninguna de las especies estudiadas.

Durante los muestreos (2007–2010), los tiburones azules constituyeron más del 80% de los desembarques a lo largo del año, con un máximo de 96% de los desembarques durante el verano. Los individuos de tiburón mako de aleta corta constituyeron entre el 1.4% y 4.3% de los desembarques a lo largo del año. Los individuos de tiburón zorro común constituyeron entre el 2% y 3% de los desembarques durante las estaciones de primavera y verano. En cambio, los tiburones sulfín formaron un porcentaje muy bajo de los desembarques a lo

In contrast, soupfin sharks formed a very small percentage of landings year-round, although this species constituted 12% of landings during the winter season (Fig. 5). In general, the soupfin sharks were primarily large mature animals.

Of the 6,012 kg (dressed weight) of landed blue sharks, 320 kg were fresh fins. Thus, blue shark fins comprised 5.3% of the dressed weight. During this study, the ex-vessel price for blue shark meat was \$1.15 USD·kg⁻¹ and the price of fresh fins was \$13 USD·kg⁻¹. Shark fins were marketed in 2 ways. The artisanal fishers delivered fins to the local cooperative and received 50% of the ex-vessel value or the fishers dried the fins and marketed them independently to obtain a higher profit.

Erendira

The artisanal fishing activity occurred principally in coastal waters, with occasional excursions of distances of up to 30 km offshore that extended 30 km to the north and south

largo del año, aunque esta especie constituyó el 12% de los desembarques durante la temporada de invierno (Fig. 5). En general, la mayoría de los individuos del tiburón sulfín eran animales grandes y maduros.

De los 6,012 kg (peso eviscerado) de tiburones azules desembarcados, 320 kg eran aletas frescas. Por tanto, las aletas de los tiburones azules constituyeron el 5.3% del peso eviscerado. Durante este estudio, el precio al desembarque del tiburón azul era \$1.15 USD·kg⁻¹, y el precio de las aletas frescas era \$13 USD·kg⁻¹. Las aletas de tiburón se comercializaron de 2 maneras. Los pescadores artesanales entregaron las aletas en la cooperativa y recibieron el 50% del precio de playa o secaron las aletas y las comercializaron de manera independiente para obtener mayores ganancias.

Erendira

La actividad pesquera artesanal ocurrió principalmente en las aguas costeras, con excursiones ocasionales a una distancia

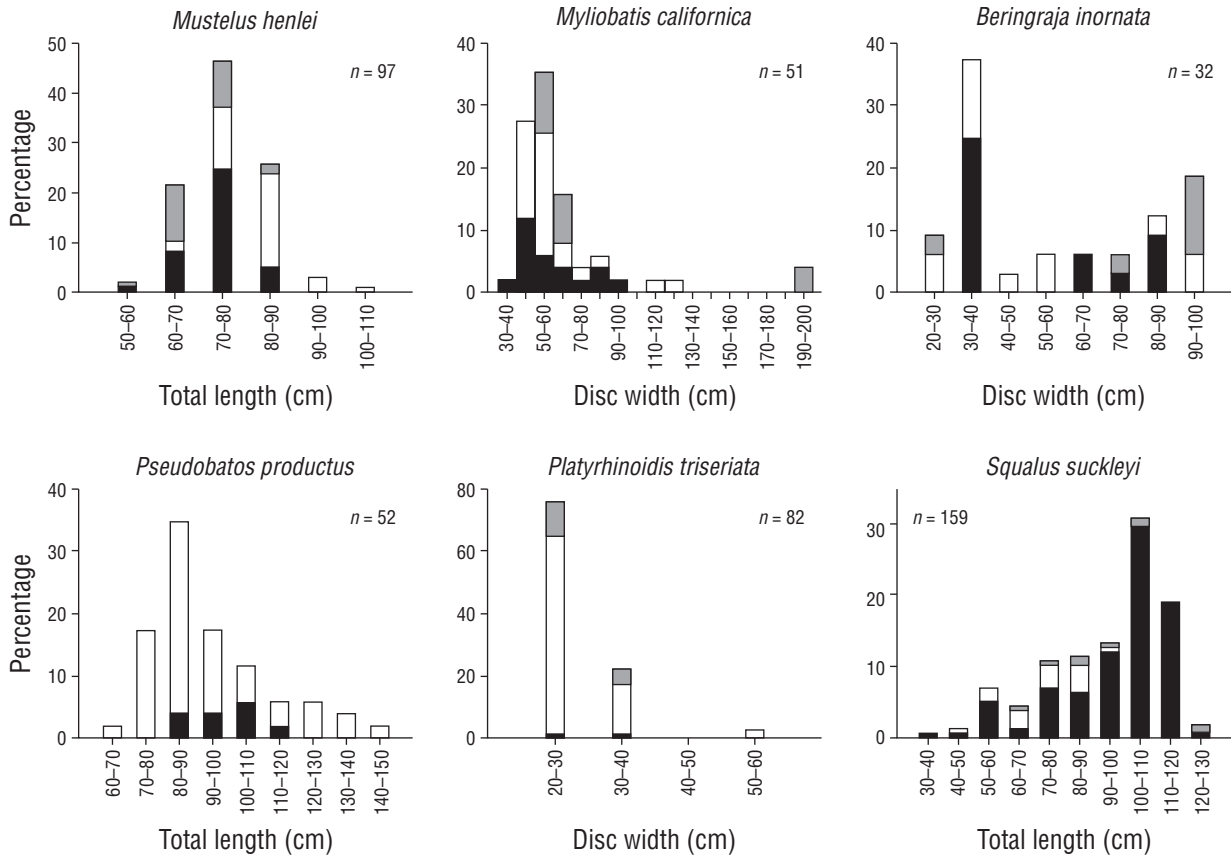


Figure 2. Sex-specific size frequency distributions for chondrichthyan landed by the Popotla artisanal fishery. Sample size (*n*) refers to the number of measured individuals upon which the size histograms are based and not necessarily the total number captured. Females are depicted in black, males in white, and unknown sex in grey.

Figura 2. Distribuciones de la frecuencia de tallas específicas por sexo para los condriictios desembarcados por la pesquería artesanal de Popotla. El tamaño de la muestra (*n*) se refiere al número de individuos medidos en los que se basan los histogramas de tamaño y no necesariamente al número total capturado. Las hembras se representan en negro, los machos en blanco y el sexo desconocido en gris.

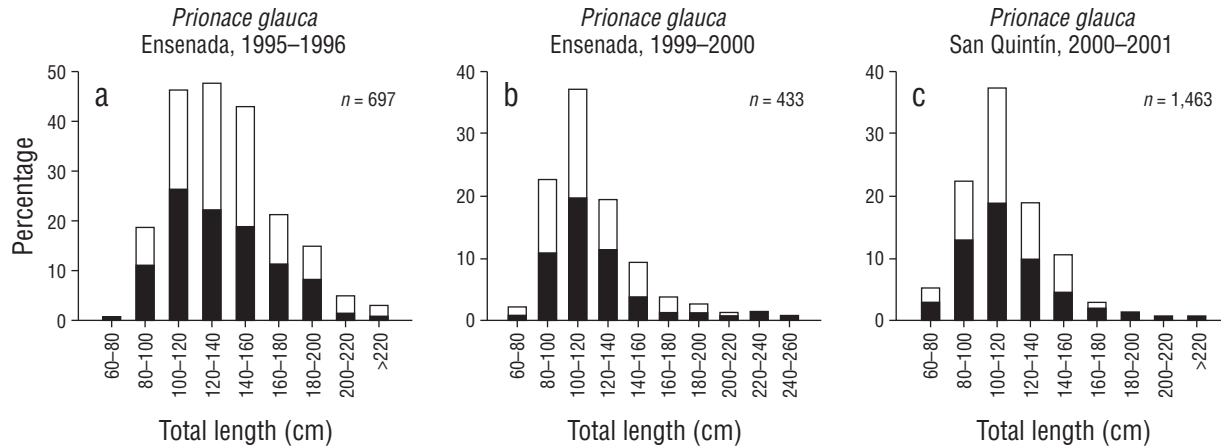


Figure 3. Sex-specific size frequency distributions for *Prionace glauca* as built from data collected during the Ensenada and San Quintín longline sampling efforts. (a) Ensenada, 1995–1996. (b) Ensenada, 1999–2000 (modified from Furlong-Estrada et al. 2017). (c) San Quintín, 2000–2001. For each panel, sample size (n) refers to the number of measured individuals upon which the size histograms are based and not necessarily the total number captured. Females are depicted in black and males in white.

Figura 3. Distribuciones de la frecuencia de tallas específicas por sexo para *Prionace glauca*, según los datos recopilados durante los esfuerzos de muestreo para la pesca con palangre en Ensenada y San Quintín. (a) Ensenada, 1995–1996. (b) Ensenada, 1999–2000 (modificado de Furlong-Estrada et al. 2017). (c) San Quintín, 2000–2001. Para cada panel, el tamaño de la muestra (n) se refiere al número de individuos medidos en los que se basan los histogramas de tamaño y no necesariamente al número total capturado. Las hembras se representan en negro y los machos en blanco.

(Fig. 1). The Erendira fishing cooperative was comprised of 16 vessels that targeted teleosts and elasmobranchs. We analyzed fishing data from 2,580 fishing trips carried out over 540 d (an average of 8 fishing trips per day). The fishing methods used in these trips were bottom-set gill nets (1.0–1.5 km in length, depths of up to 5 m, and mesh sizes of 6–8 cm), which were pulled out by hand and checked every 24 h, and hook and line gears used to target rockfishes (*Sebastes* spp.).

Fishing effort was primarily directed at bony fishes, and we identified 8 species that accounted for 14,045 kg of the total landed catch. Elasmobranchs constituted a large part of the incidental catch, with 15 species accounting for 13,166 kg of the total landed catch (Table 4). In 2006, the most abundant elasmobranch species captured were thresher sharks (1,419 kg, LPUE = 1.189), California bat rays (*M. californica*) and California butterfly rays (*G. marmorata*; 1,272.5 kg, combined LPUE = 1.067), soupfin sharks (826.6 kg, LPUE = 0.693), California skates (*Beringraja inornata*; 778.9 kg, LPUE = 0.653), and *Mustelus* spp. (716.9 kg, LPUE = 0.601). In 2007, the most abundant elasmobranch species captured were thresher sharks (*A. vulpinus*; 2,615.1 kg, LPUE = 1.887), California bat rays and California butterfly rays (2,334 kg, LPUE = 1.684), California skates (721.6 kg, LPUE = 0.521), soupfin sharks (494.2 kg, LPUE = 0.357), and smoothhound sharks (*Mustelus* spp.; 469.2 kg, LPUE = 0.339). In addition, we collected data from 247 thresher sharks ($n = 247$, 59–183 cm FL) that were mostly juveniles, with 75% of the specimens presenting sizes of 80–110 cm FL (Fig. 4b).

de hasta 30 km de la costa que se extendieron 30 km al norte y sur (Fig. 1). La cooperativa pesquera de Erendira estaba compuesta por 16 embarcaciones que dirigieron su captura a teleosteos y elasmobranchios. Analizamos los datos de pesca de 2,580 viajes de pesca que se realizaron durante 540 d (un promedio de 8 viajes de pesca por día). Los métodos de pesca utilizados en esos viajes fueron la pesca con redes agalleras de fondo (1.0–1.5 km de longitud, hasta 5 m de profundidad y 6–8 cm de luz malla), que se extrajeron a mano y se revisaron cada 24 h, y la pesca con anzuelo y carnada utilizada para pescar rocotes (*Sebastes* spp.).

El esfuerzo pesquero se dirigió principalmente a los peces óseos, e identificamos 8 especies que constituyeron 14,045 kg del total de la captura desembarcada. Los elasmobranchios constituyeron una gran parte de la captura incidental, con 15 especies que constituyeron 13,166 kg del total de la captura desembarcada (Tabla 4). En 2006, las especies de elasmobranchios más abundantes en la captura fueron el tiburón zorro común (1,419 kg, DPUE = 1.189), la raya murciélago (*M. californica*) y la raya mariposa de California (*G. marmorata*; 1,272.5 kg, DPUE combinada = 1.067), el tiburón sulfín (826.6 kg, DPUE = 0.693), la raya de California (*Beringraja inornata*; 778.9 kg, DPUE = 0.653) y *Mustelus* spp. (716.9 kg, DPUE = 0.601). En 2007, las especies de elasmobranchios más abundantes en la captura fueron el tiburón zorro común (*A. vulpinus*; 2,615.1 kg, DPUE = 1.887), la raya murciélago y la raya mariposa de California (2,334 kg, DPUE = 1.684), la raya de California (721.6 kg, DPUE = 0.521), el tiburón sulfín (494.2 kg, DPUE = 0.357) y los tiburones mamones (*Mustelus* spp.;

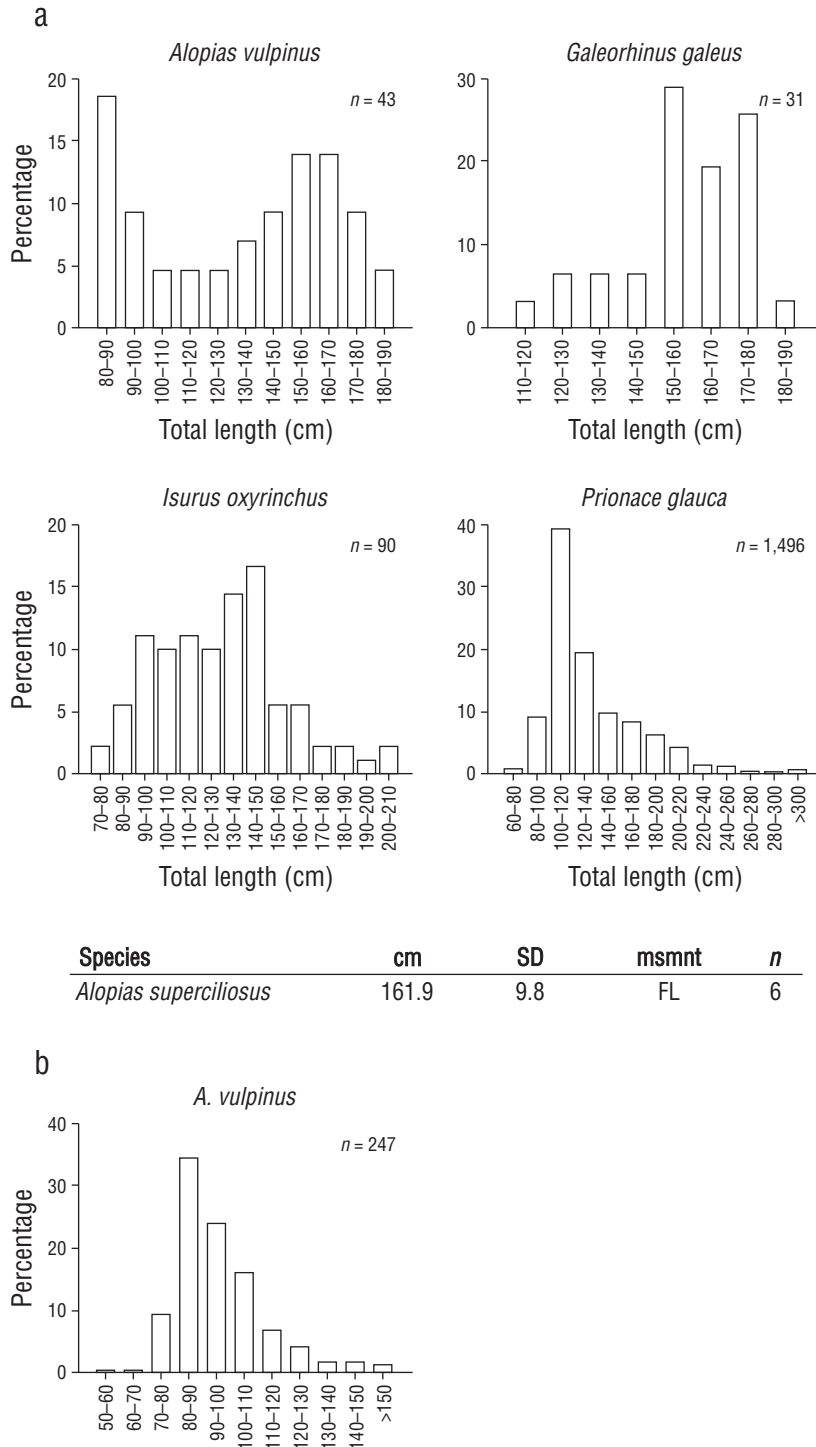


Figure 4. Length–frequency distributions for elasmobranchs landed by the Ensenada artisanal longline fishery (2007–2009) **(a)** and the Erendira artisanal fishery (2006–2008, *Alopias vulpinus* only) **(b)**. Tabular data in **(a)** provide the summary statistics for *Alopias superciliosus*. Sample size (n) refers to the number of measured individuals upon which the size histograms are based and not necessarily at the total number captured. Sex was unknown for all specimens.

Figura 4. Distribuciones de frecuencia por tallas para los elasmobranquios desembarcados por la pesquería de palangre artesanal en Ensenada (2007–2009) **(a)** y la pesquería artesanal de Erendira (2006–2008, solo *Alopias vulpinus*) **(b)**. Los datos tabulares en **(a)** proporcionan la estadística general para *Alopias superciliosus*. El tamaño de la muestra (n) se refiere al número de individuos medidos en los que se basan los histogramas de tamaño y no necesariamente al número total capturado. El sexo era desconocido para todos los especímenes.

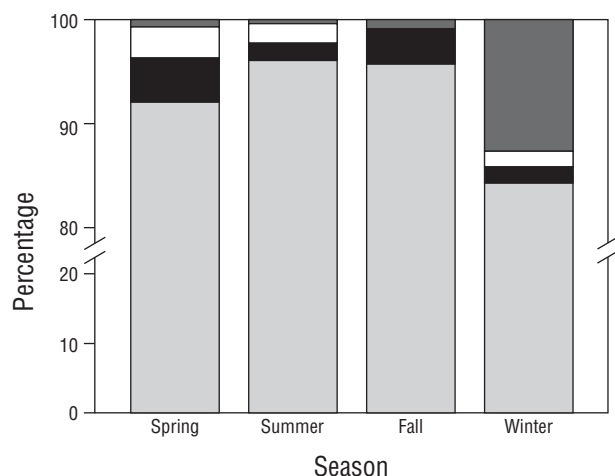


Figure 5. Seasonal differences in catch composition for the 4 most commonly landed elasmobranch species at Ensenada during the 2007–2010 sampling period. Shading indicates species: light gray, *Prionace glauca*; black, *Isurus oxyrinchus*; white, *Alopias vulpinus*; dark gray, *Galeorhinus galeus*.

Figura 5. Diferencias estacionales en la composición de las capturas para las 4 especies de elasmobranchios más comúnmente desembarcadas en Ensenada durante el periodo de muestreo 2007–2010. El sombreado indica las especies: gris claro, *Prionace glauca*; negro, *Isurus oxyrinchus*; blanco, *Alopias vulpinus*; gris oscuro, *Galeorhinus galeus*.

San Quintín

During the sampling period (2000–2001), the artisanal fishers targeted pelagic sharks in waters 30–60 km offshore, with the fishing area extending approximately 50 km to the north and south (Fig. 1). Fishing gear consisted of pelagic longlines (3.0–4.5 km in length) that were set near the surface and used 300–400 J-hooks (6–8 cm in length). However, this fishery no longer exists, and the remaining fishers use bottom-set gill nets sporadically or rods and reels. Currently, the fishery at this port is mainly directed towards invertebrates, such as sea urchins (*S. franciscanus*) and geoduck clams (*Panopea globosa*). From the 31 fishing trips sampled, we observed 1,463 blue shark specimens, 34 shortfin mako specimens, and 3 soupfin sharks. Blue sharks ranged in size from 60 to 220 cm TL (38% were between 100 and 120 cm TL) and their sex ratio was not significantly different from 1:1 (Fig. 3c).

DISCUSSION

Biological considerations

This study illustrates the diversity of elasmobranch fauna found in the coastal waters of northwestern BC. We documented 25 species of elasmobranchs in the landings of artisanal fisheries, which is similar to what has been

469.2 kg, DPUE = 0.339). Además, recolectamos datos de 247 individuos de tiburón zorro común ($n = 247$, 59–183 cm LF) que eran en su mayoría juveniles; el 75% de estos especímenes presentaron tamaños de 80–110 cm LF (Fig. 4b).

San Quintín

Durante el periodo de muestreo (2000–2001), la pesca artesanal se dirigió a los tiburones pelágicos en aguas a 30–60 km de la costa, con el área de pesca extendiéndose aproximadamente 50 km al norte y sur (Fig. 1). La pesca se realizó con palangres pelágicos (3.0–4.5 km de largo) que se colocaron cerca de la superficie con 300–400 anzuelos tipo J (6–8 cm de largo). Sin embargo, esta pesquería ya no existe, y los pescadores que permanecen utilizan redes agalleras de fondo esporádicamente o cañas y carretes. Actualmente, la pesca en este puerto está dirigida a invertebrados como el erizo de mar (*S. franciscanus*) y la almeja chiluda (*Panopea globosa*). En los 31 viajes de pesca que se muestrearon se observaron 1,463 especímenes de tiburón azul, 34 especímenes de tiburón mako y 3 tiburones sulfín. Las tallas de los tiburones azules oscilaron entre 60 y 220 cm LT (el 38% midió entre 100 y 120 cm LT) y su proporción sexual no difirió significativamente de 1:1 (Fig. 3c).

DISCUSIÓN

Consideraciones biológicas

Este estudio ilustra la diversidad de la fauna de elasmobranchios que se encuentra en las aguas costeras del noroeste de BC. Documentamos 25 especies de elasmobranchios en los desembarques de la pesca artesanal, lo cual es similar a lo que se ha registrado para la costa suroeste de BC (Cartamil et al. 2011) pero difiere de lo que se ha reportado para la costa noroeste de Baja California Sur, donde se han documentado 53 especies de elasmobranchios (Ramírez-Amaro et al. 2013). Cabe destacar este resultado dado que ambas áreas son adyacentes, pero están divididas por la barrera física de punta Eugenia, que forma la parte sur de la bahía Sebastián Vizcaíno (BSV).

Aunque la composición específica de elasmobranchios en el noroeste de BC fue similar a la reportada por Cartamil et al. (2011) para la laguna Manuela en BSV (localizada justo al sur del área de estudio, Fig. 1), existen distinciones zoogeográficas menores a lo largo de la costa del Pacífico de BC. Específicamente, Cartamil et al. (2011) encontraron que la presencia del tiburón martillo liso (*Sphyrna zygaena*) y la guitarra rayada (*Z. exasperata*) era común en los desembarques de la pesca artesanal en BSV. No obstante, solo se observó un tiburón martillo liso en este estudio, y el desembarque de guitarras rayadas no fue común. Por el contrario, algunas de las especies documentadas en el presente estudio, como la quimera manchada y el tiburón peregrino, no se encontraron en la región sureña que fue estudiada por Cartamil et al. (2011).

registered for the southwestern coast of BC (Cartamil et al. 2011) but differs from what has been reported for the northwestern coast of Baja California Sur, where 53 species of elasmobranchs have been documented (Ramírez-Amaro et al. 2013). This result is worth noting given that both areas are adjacent yet divided by the physical barrier that is Punta Eugenia, which forms the southern part of Bahía Sebastián Vizcaíno (BSV).

Although species composition of elasmobranchs in northwestern BC was similar to that reported by Cartamil et al. (2011) for Laguna Manuela in BSV (located just south of the study area, Fig. 1), minor zoogeographical distinctions exist along the Pacific coast of BC. Specifically, Cartamil et al. (2011) found that the smooth hammerhead shark (*Sphyrna zygaena*) and the banded guitarfish (*Z. exasperata*) were commonly present in artisanal fishery landings in BSV. However, only one smooth hammerhead shark was observed in this study, and banded guitarfish landings were uncommon. Conversely, some species documented in the present study, such as the spotted ratfish and the basking shark, were not found in the southern region surveyed by Cartamil et al. (2011). Spiny dogfish represented an abundant portion of the landings in

El tiburón perro espinoso representó una porción abundante de los desembarques en el presente estudio, especialmente en Popotla, aunque esta especie solo fue capturada esporádicamente por la pesquería artesanal de laguna Manuela en BSV (Cartamil et al. 2011). Estas diferencias menores podrían deberse a las disimilitudes entre las características oceanográficas de BSV y las de la presente área de estudio, la cual presenta temperaturas del agua promedio más bajas, actividad de surgencias más elevada, una plataforma continental más estrecha y efectos del viento mayores (Hernández-Rivas et al. 2000, Zaytsev et al. 2003). Sin embargo, estas diferencias oceanográficas parecen afectar solo a pocas especies que pueden ser sensibles a pequeños cambios de temperatura (Horn y Allen 1978). Hopkins y Cech (1994) indicaron que todos los elasmobranchios costeros son virtualmente ectotermos y son por tanto susceptibles a cambios de temperatura. En particular, Hopkins y Cech (1994) observaron que el metabolismo de las rayas murciélago (*M. californica*) en la bahía Tomales, California, era más eficiente cuando la temperatura era más alta (14–20 °C) que cuando era más baja y eran, por tanto, más abundante durante los meses de verano. Se pueden observar patrones similares en toda su distribución a lo largo

Table 4. Elasmobranch species documented at Erendira. Total catches are given in kilograms (kg). The percentage (%) refers to the proportion of the total catch. The landing per unit effort (LPUE) is the mean catch per trip. SE is the standard error. Data are shown separately for the years 2006 and 2007. The species *Myliobatis californica* and *Gymnura marmorata*, *Squalus suckleyi* and *Heterodontus francisci*, and *Pseudobatos Productus* and *Zapterix exasperata* were grouped by the fishery cooperative because their economic value was the same.

Tabla 4. Especies de elasmobranchios documentadas en Erendira. Las capturas totales se dan en kilogramos (kg). El porcentaje (%) se refiere a la proporción de la captura total. El desembarque por unidad de esfuerzo (LPUE) es la captura media por viaje. SE es el error estándar. Los datos se muestran por separado para los años 2006 y 2007. Las especies *Myliobatis californica* y *Gymnura marmorata*, *Squalus suckleyi* y *Heterodontus francisci*, y *Pseudobatos Productus* y *Zapterix exasperata* fueron agrupadas por la cooperativa pesquera debido a que su valor económico fue el mismo.

Common name	Specific name	2006				2007			
		kg	%	CPUE	SE	kg	%	LPUE	SE
Thresher shark	<i>Alopias vulpinus</i>	1,419.1	24.41	1.189	0.126	2,615.1	35.57	1.887	0.130
California bat ray and California butterfly ray	<i>Myliobatis californica</i> and <i>Gymnura marmorata</i>	1,272.5	21.89	1.067	0.274	2,334.0	31.74	1.684	0.138
Southern shark	<i>Galeorhinus galeus</i>	826.6	14.22	0.693	0.151	494.2	6.72	0.357	0.180
California skate	<i>Beringraja inornata</i>	778.9	13.40	0.653	0.129	721.6	9.81	0.521	0.076
Smoothhound spp.	<i>Mustelus</i> spp.	716.9	12.33	0.601	0.138	469.2	6.38	0.339	0.116
Spiny dogfish and horn shark	<i>Squalus suckleyi</i> and <i>Heterodontus francisci</i>	476.7	8.20	0.400	0.127	103.1	1.40	0.074	0.043
Blue shark	<i>Prionace glauca</i>	104.7	1.80	0.088	0.089	109.2	1.49	0.079	0.126
California angel shark	<i>Squatina californica</i>	78.7	1.35	0.066	0.088	43.3	0.59	0.031	0.068
Shortfin mako	<i>Isurus oxyrinchus</i>	55.6	0.96	0.047	0.170	407.8	5.55	0.294	0.129
Shovelnose guitarfish and banded guitarfish	<i>Pseudobatos productus</i> and <i>Zapterix exasperata</i>	44.0	0.76	0.037	0.071	55.4	0.75	0.040	0.042
White shark	<i>Carcharodon carcharias</i>	35.3	0.61	0.030	0.172	–	–	–	–
Swell shark	<i>Cephaloscyllium ventriosum</i>	4.9	0.08	0.004	0.064	–	–	–	–

the present study, especially at Popotla, although this species was only captured sporadically in the artisanal fishery of Laguna Manuela in BSV (Cartamil et al. 2011). These minor differences in species composition could be due to dissimilarities between oceanographic characteristics in BSV and those in the present study area, which has lower average water temperatures, increased upwelling activity, a narrower continental shelf, and increased wind effects (Hernández-Rivas et al. 2000, Zaytsev et al. 2003). Nonetheless, these oceanographic differences appear to affect only a few species that may be sensitive to small temperature changes (Horn and Allen 1978). Hopkins and Cech (1994) indicated that all coastal elasmobranchs are virtually ectotherms and are thus susceptible to temperature changes. Specifically, Hopkins and Cech (1994) observed that the metabolism of the bat ray (*M. californica*) in Tomales Bay, California, was more efficient at higher temperatures (14–20 °C) than at lower temperatures and was thus more abundant during the summer months. Similar patterns can be observed throughout its distribution along the Pacific coast of Mexico and its abundance has been found to gradually increase from north to south (Cartamil et al. 2011, Ramirez-Amaro et al. 2013) as temperature increases along the Baja California Peninsula.

Some sexual segregation was observed in the northernmost fishing camp, with females predominating in spiny dogfish (F:M, 7.2:1.0) and males in thornback guitarfish (F:M, 1.0:68.0) landings. Specifically, 60% of spiny dogfish specimens were adult females and the presence of embryos or capsules was noted upon dissection in several cases. About 80% of thornback guitarfish individuals presented disc widths of 20–30 cm. Additionally, almost all white shark (*C. carcharias*) and thresher shark specimens were juveniles. These results may be due to gill nets being set near the coastal zone, in what is likely an important birth and nursery habitat (Weng et al. 2007, Cartamil et al. 2010, 2016).

An increase in the landing rates of soupfin sharks was noted in the winter months in the Ensenada artisanal longline fishery. Similarly, Cartamil et al. (2011) found that most longline soupfin shark captures in BSV took place in winter and that specimens that were captured offshore were primarily large mature animals. Ramirez-Amaro et al. (2013) evaluated soupfin shark landings along the Pacific coast of Baja California Sur, but these were primarily smaller animals that were captured during the summer months. These results suggest that size segregation is present in this species, with mature individuals primarily inhabiting the offshore waters of western BC during the winter months and smaller specimens being more abundant in nearshore waters during the summer months.

Dynamics of the fishing fleet

In Popotla, fishing was directed primarily at teleosts (23 species, 5,544 records, 84.5% of the total landings), which command a higher value than chondrichthyans

de la costa del Pacífico de México, y se ha encontrado que su abundancia incrementa gradualmente de norte a sur (Cartamil et al. 2011, Ramirez-Amaro et al. 2013) conforme incrementa la temperatura a lo largo de la península de Baja California.

En el campo pesquero más norteño se observó cierta segregación sexual, con una predominancia en los desembarques de hembras de tiburón perro espinoso (H:M, 7.2:1.0) y machos de guitarra espinuda (H:M, 1.0:68.0). En particular, 60% de los especímenes del tiburón perro espinoso eran hembras adultas y la presencia de embriones o cápsulas se notó en varias de las disecciones. Alrededor del 80% de los individuos de guitarra espinuda presentaron anchos de disco entre 20 y 30 cm. Además, casi todos los especímenes de tiburón blanco (*C. carcharias*) y tiburón zorro común eran juveniles. Estos resultados pueden deberse a que las redes agalleras fueron colocadas cerca de la zona costera, la cual probablemente es un hábitat importante para el nacimiento y la crianza (Weng et al. 2007, Cartamil et al. 2010, 2016).

La tasa de desembarques de tiburones sulfín aumentó notablemente durante los meses de invierno en la pesquería artesanal con palangre de Ensenada. Asimismo, Cartamil et al. (2011) encontraron que la mayoría de las capturas con palangres de individuos de tiburón sulfín en BSV ocurrieron en invierno y que los especímenes que se capturaron costa afuera eran principalmente animales grandes y maduros. Ramirez-Amaro et al. (2013) evaluaron los desembarques de tiburón sulfín a lo largo de la costa del Pacífico de Baja California Sur, pero la mayoría de estos eran animales de menor tamaño que fueron capturados durante los meses de verano. Estos resultados sugieren que existe una segregación de tallas en esta especie; los individuos maduros habitan las aguas costa afuera al oeste de BC durante los meses de invierno y los especímenes más pequeños son más abundantes en las aguas más cercanas a la costa durante los meses de verano.

Dinámica de la flota pesquera

En Popotla, la pesca se dirigió principalmente a los teleósteos (23 especies, 5,544 registros, 84.5% del total de los desembarques), que tienen un valor más alto que los condriictios (20 especies, 1,017 registros, 15.5% del total de los desembarques). Sin embargo, los elasmobranquios constituyeron una parte importante de los desembarques, y en algunos casos el peso de los desembarques de elasmobranquios superó al de las capturas de peces óseos. Durante el periodo de muestreo 2007–2010 en Ensenada, la captura se dirigió a los elasmobranquios, los cuales constituyeron casi el 100% de los registros (8 especies de elasmobranquios, 5,231 registros; 4 especies de peces óseos, 4 registros). En Erendira, la captura se dirigió principalmente a peces óseos (8 especies, 90% de los desembarques); sin embargo, los elasmobranquios fueron un componente importante y específico de la captura (15 especies, 10% de los desembarques).

Las diferencias tanto en la cantidad como en la composición específica de los desembarques variaron sustancialmente

(20 species, 1,017 records, 15.5% of the total landings). However, elasmobranchs constituted an important part of the landings, and in some cases the weight of elasmobranch landings surpassed that of bony fish catches. During the 2007–2010 sampling period in Ensenada, the catch was directed at elasmobranchs, which constituted nearly 100% of the records (8 elasmobranch species, 5,231 records; 4 bony fish species, 4 records). In Erendira, the catch was mainly directed at bony fishes (8 species, 90% of the landings); however, elasmobranchs were an important and specific component of the catch (15 species, 10% of the landings).

Differences in both the quantity and species composition of the landings varied substantially between the 4 surveyed camps, primarily due to the differences in fishing gear, sampling area, and time period. For example, bottom-set gill nets were the main fishing gear used at both Popotla and Erendira. However, fishing in Popotla was generally conducted close to shore, and in Erendira nets were placed further offshore and fishers also fished with handlines. At San Quintín and Ensenada, only surface longlines were used, which limited the catch to pelagic elasmobranchs.

Within the study region, we observed a higher concentration of fishing effort per unit area compared to that of the less populated BSV (Cartamil et al. 2011). However, interviews indicated that most fishers had alternative forms of income, such as construction work. In addition, the proximity of the landing areas to major cities facilitated marketing, and products were sold either on the beach or at the local markets. Thus, BC fishery products generated added value due to their freshness, and the presence of fewer intermediaries between fishers and consumers generated more revenue with less effort and product.

In recent years, sharks have begun to be subjected to non-extractive exploitation via ecotourism on the Baja California Peninsula. For example, tourist activity in the form of white shark observations at Isla Guadalupe has doubled in just 5 years (OSM, unpublished data). However, due to the remoteness of the island (270 km offshore), the development of infrastructure to increase ecotourism activity is outside the possibilities of the artisanal fishers. In Bahía de los Ángeles, the fishing community is dedicated to ecotourism during the whale shark season (Cárdenas-Torres et al. 2007). However, the fishing community in the study area has not yet explored this option because the species present in the area are not as charismatic or attractive as those off Guadalupe Island or in Bahía de los Ángeles.

Shark Fin Trade

This study documented the blue shark fin trade at the port of Ensenada. We observed that for every 100 kg of shark meat, 5.3 kg of fresh fins were processed, although this relationship may vary among species. This result agrees with previous findings reported by Camhi et al. (2009), which also

entre los 4 campos estudiados, principalmente debido a las diferencias en los artes de pesca, el área de muestreo y el periodo de tiempo. Por ejemplo, las redes agalleras de fondo fueron el principal arte de pesca usado tanto en Popotla como en Erendira. Sin embargo, la pesca en Popotla generalmente se realizó cerca de la costa, mientras que en Erendira las redes se colocaron costa afuera y los pescadores también pescaron con líneas de mano. En San Quintín y Ensenada solo se utilizaron palangres superficiales, los cuales limitaron la captura a elasmobranchios pelágicos.

Dentro de la región de estudio, observamos una mayor concentración de esfuerzo pesquero por unidad de área comparado con la región menos poblada de BSV (Cartamil et al. 2011). Sin embargo, las entrevistas indicaron que la mayoría de los pescadores tenían formas alternas de generar ingresos, tal como el trabajo en la construcción. Además, la proximidad de las áreas de desembarque a las ciudades principales facilitó la comercialización, y los productos se vendieron en la playa o en los mercados locales. Por tanto, los productos pesqueros de BC generaron un valor agregado por su frescura, y la presencia de menos intermediarios entre los pescadores y los consumidores generó mayores ganancias con menor esfuerzo y producto.

En los últimos años, los tiburones han comenzado a ser explotados de manera no extractiva a través del ecoturismo en la península de Baja California. Por ejemplo, la actividad turística en forma de avistamiento de tiburones blancos en la isla Guadalupe se ha duplicado en solo 5 años (OSM, datos no publicados). Sin embargo, debido a la lejanía de la isla (270 km de la costa), el desarrollo de infraestructura para aumentar la actividad de ecoturismo está fuera de las posibilidades de los pescadores artesanales. En bahía de los Ángeles, la comunidad pesquera se dedica al ecoturismo durante la temporada del tiburón ballena (Cárdenas-Torres et al. 2007). Sin embargo, la comunidad pesquera en el área de estudio aún no ha explorado esta opción porque las especies presentes en el área no son tan carismáticas o atractivas como las de la isla Guadalupe o bahía de los Ángeles.

Comercio de aletas de tiburón

Este estudio documentó el comercio de aletas de tiburón azul en el puerto de Ensenada. Observamos que por cada 100 kg de carne de tiburón se procesaban 5.3 kg de aletas frescas, aunque esta relación puede variar entre especies. Este resultado concuerda con lo reportado por Camhi et al. (2009), que también indican una proporción de 5% de aleta de tiburón a 95% de carne de tiburón. Esta proporción incluye las aletas dorsales, aletas pectorales y los lóbulos inferiores de las aletas caudales, aunque los comerciantes en Ensenada también adquirieron aletas pélvicas. En cualquier caso, durante el periodo de estudio, las aletas generaron ingresos para los pescadores equivalentes al ingreso generado por la venta de todo el resto del cuerpo del tiburón. Sin embargo, debido a la prohibición de la exportación de las

indicate a ratio of 5% shark fin to 95% shark meat. This ratio considers the dorsal fin, pectoral fins, and lower lobe of the caudal fin, although Ensenada traders also purchased pelvic fins. In any case, during the study period, fins generated income for fishers that was equivalent to that of the entire remaining carcass of the shark. However, due to the 2012 export ban on shark fins in California (OCEANA 2011) and the decline in fin consumption in China, the shark fin price in the BC region decreased by almost 50%, resulting in an increase in meat value (pers. obs.).

On the west coast of BC, blue shark fins were considered to be of low quality and were sold for \$28–34 USD·kg⁻¹ during the study period, while the highest quality shark fins commanded a price of \$40–50 USD·kg⁻¹. Blue sharks are the most commonly landed species in the artisanal and industrial longline fisheries of the region (Sosa-Nishizaki et al. 2008, Cartamil et al. 2011). Due to their ubiquity in open-ocean habitats worldwide (Compagno et al. 1995), blue sharks generate the highest income in shark fin markets worldwide (Clarke et al. 2004), and the constant demand for blue shark fins is one of the main motivations for fishers to continue catching these sharks (Clarke et al. 2007). Currently, blue shark fins have a value of \$7–8 USD·kg⁻¹, while the price of the highest quality shark fins is \$30 USD·kg⁻¹ (Cap. Miguel Chaidez, pers. comm.).

Management

Mexican fishery authorities are working in the conservation of all elasmobranch species that are subject to fishing pressure. Since May 2007, the NOM-029 regulation (DOF 2007) has restricted fishing activity in order to protect elasmobranchs within coastal zones to allow these organisms to reach maturity. More recently, a ban on the directed fishing of elasmobranchs was instituted across Mexico, and this ban corresponds to the months from May through August in BC (DOF 2013). However, if large differences in elasmobranch species composition exist between adjacent coastal regions, these differences may be important to consider in the design of region-specific fishery management plans. For example, Castillo-Geniz et al. (2008) recommended the division of the Mexican coastal regions into 6 separate regulatory zones for elasmobranch fishing. The recommended division was based on habitat, climate, fishery, species composition, and socio-economic characteristics.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by UC Mexus–CONACYT, the CA Sea Grant, The Moore Family Foundation, The Tinker Foundation, and the Save Our Seas Foundation. Miguel Escobedo, Erick Oñate, Dovi Kacev, and Masao Yamamoto assisted with the field data collection, and Carmen Rodriguez assisted in the laboratory. We especially thank the BC artisanal fishing community for their cooperation and for the

aletas de tiburón en California en 2012 (OCEANA 2011) y el declive en el consumo de aletas en China, el precio de las aletas de tiburón en la región de BC disminuyó en casi 50%, lo cual resultó en un incremento en el valor del resto de la carne del tiburón (obs. pers.)

Durante el periodo de estudio, en la costa oeste de BC, las aletas de tiburón azul se consideraron de baja calidad y se vendieron en \$28–34 USD·kg⁻¹, mientras que las aletas de tiburón de más alta calidad se vendieron en \$40–50 USD·kg⁻¹. El tiburón azul es la especie más común en los desembarques de la pesca con palangre artesanal e industrial en la región (Sosa-Nishizaki et al. 2008, Cartamil et al. 2011). Debido a su ubicuidad en los hábitats de mar abierto de todo el mundo (Compagno et al. 1995), los tiburones azules generan las ganancias más altas en los mercados de las aletas de tiburón en todo el mundo (Clarke et al. 2004), y la demanda constante de aletas de tiburón azul es una de las motivaciones principales para que los pescadores continúen capturando a estos tiburones (Clarke et al. 2007). Actualmente, las aletas de tiburón azul tienen un valor de \$7–8 USD·kg⁻¹, mientras que el precio de las aletas de la más alta calidad es \$30 USD·kg⁻¹ (Cap. Miguel Chaidez, com. pers.).

Manejo

Las autoridades mexicanas de la pesca están trabajando para conservar a todas las especies de elasmobranchios sujetas a la presión pesquera. Desde mayo de 2007, la regulación de la NOM-029 (DOF 2007) ha restringido las actividades pesqueras para proteger a los elasmobranchios dentro de las zonas costeras y permitir que estos organismos lleguen a la madurez. Más recientemente, se implementó una veda a la pesca dirigida a elasmobranchios en todo México, esta veda corresponde a los meses de mayo a agosto en BC (DOF 2013). Sin embargo, si existen grandes diferencias en la composición específica de elasmobranchios entre regiones costeras adyacentes, puede ser importante considerar estas diferencias al diseñar planes de manejo pesqueros específicos por región. Por ejemplo, Castillo-Geniz et al. (2008) recomendaron la división de las regiones costeras de México en 6 zonas regulativas separadas para la pesca de elasmobranchios. La división recomendada se basó en el hábitat, el clima, la pesca, la composición específica y las características socioeconómicas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por UC Mexus–CONACYT, CA Sea Grant, Moore Family Foundation, Tinker Foundation y Save Our Seas Foundation. Miguel Escobedo, Erick Oñate, Dovi Kacev y Masao Yamamoto apoyaron en la recolección de datos, y Carmen Rodriguez apoyó en el laboratorio. Le agradecemos especialmente a la comunidad pesquera artesanal de BC su cooperación y la información proporcionada durante el desarrollo de este trabajo.

information provided during the development of this work. This study is dedicated to the memories of Jeffrey Graham and Miguel Escobedo-O.

Este trabajo se dedica a las memorias de Jeffrey Graham y Miguel Escobedo-O.

Traducido al español por Claudia Michel-Villalobos.

REFERENCES

- Applegate SP, Soltelo-Macias F, Espinosa-Arrubarrena L. 1993. An overview of Mexican shark fisheries, with suggestions for shark conservation in Mexico. NOAA Tech. Rep. NMFS 115:31–37.
- Bizzarro JJ, Smith WD, Castillo-Géniz JL, Ocampo-Torres A, Márquez-Farías JF, Hueter RE. 2009a. The seasonal importance of small coastal sharks and rays in the artisanal elasmobranch fishery of Sinaloa, Mexico. *Pan-Am J Aquat Sci.* 4(4):513–531.
- Bizzarro JJ, Smith WD, Hueter RE, Villavicencio-Garayzar CJ. 2009b. Activities and catch composition of artisanal elasmobranch fishing sites on the eastern coast of Baja California Sur, Mexico. *Bull South Calif Acad Sci.* 108(3):137–151.
<https://doi.org/10.3160/0038-3872-108.3.137>
- Bizzarro JJ, Smith WD, Márquez-Farías JF, Hueter RE. 2007. Artisanal fisheries and reproductive biology of the golden cownose ray, *Rhinoptera steindachneri* Everman and Jenkins, 1891, in the northern Mexican Pacific. *Fish Res.* 84(2):137–146.
<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2006.10.016>
- Bizzarro JJ, Smith WD, Márquez-Farías JF, Tyminski J, Hueter RE. 2009c. Temporal variation in the artisanal elasmobranch fishery of Sonora, Mexico. *Fish Res.* 97(1–2):103–117.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2009.01.009>
- Bonfil R. 1997. Status of shark resources in the southern Gulf of México and Caribbean: implications for management. *Fish Res.* 29(2):101–117.
[https://doi.org/10.1016/s0165-7836\(96\)00536-x](https://doi.org/10.1016/s0165-7836(96)00536-x)
- Camhi MD, Valenti SV, Fordham SV, Fowler SL, Gibson C. 2009. The conservation status of pelagic sharks and rays. Report of the IUCN Shark Specialist Group; Pelagic shark red list workshop. Newbury (UK): IUCN Species Survival Commission's Shark Specialist Group. 78 p.
- Cárdenas-Torres N, Enriquez-Andrade R, Rodríguez-Dowdell N. 2007. Community-based management through ecotourism in Bahía de los Angeles, Mexico. *Fish Res.* 84(1):114–118.
<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2006.11.019>
- Cartamil D, Santana-Morales O, Escobedo-Olvera M, Kacev D, Castillo-Geniz L, Graham JB, Rubin RD, Sosa-Nishizaki O. 2011. The artisanal elasmobranch fishery of the Pacific Coast of Baja California, Mexico. *Fish Res.* 108(2–3):393–403.
<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2011.01.020>
- Cartamil D, Wegner NC, Kacev D, Ben-aderet N, Kohin S, Graham JB. 2010. Movement patterns and nursery habitat of juvenile thresher sharks *Alopias vulpinus* in the Southern California Bight. *Mar Ecol Prog Ser.* 404:249–258.
<https://doi.org/10.3354/meps08495>
- Cartamil D, Wraith J, Wegner NC, Kacev D, Lam CH, Santana-Morales O, Sosa-Nishizaki O, Escobedo-Olvera M, Kohin S, Graham JB, et al. 2016. Movements and distribution of juvenile common thresher sharks *Alopias vulpinus* in Pacific coast waters of the USA and Mexico. *Mar Ecol Prog Ser.* 548:153–163.
<https://doi.org/10.3354/meps11673>
- Castillo-Geniz JL. 1992. Diagnóstico de la pesquería de tiburón en México [Diagnosis of the shark fishery in Mexico]. Mexico City: Instituto Nacional de la Pesca. 76 p.
- Castillo-Geniz L, Soriano-Velázquez SR, Villaseñor-Talavera R. 2008. Pesquerías mexicanas de tiburón en el Océano Pacífico [Mexican shark fisheries in the Pacific Ocean]. In: Machii T, Flores OJ (eds.), *Pesquerías Latinoamericanas*. Mexico City: Comisión Nacional de Acuicultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. p. 211–241.
- Clarke SC, McAllister MK, Michielsens CGJ. 2004. Estimates of shark species composition and numbers associated with the shark fin trade based on Hong Kong Auction Data. *J North Atl Fish Sci.* 35:453–465.
<https://doi.org/10.2960/j.v35.m488>
- Clarke S, Milner-Gulland EJ, Bjørndal T. 2007. Perspectives: social, economic, and regulatory drivers of the shark fin trade. *Mar Res Econ.* 22(3):305–327.
- Compagno LJV. 2001. *Sharks of the World. An Annotated and Illustrated Catalogue of Shark Species Known to Date. Vol. 2, Bullhead, Mackerel and Carpet Sharks (Heterodontiformes, Lamniformes and Orectolobiformes)*. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes. Rome (Italy): Food and Agriculture Organization of the United Nations. p. 1–269.
- Compagno LJV, Krupp F, Schneider W. 1995. *Tiburones [Sharks]*. In: Fischer W, Krupp F, Schneider W, Sommer C, Carpenter KE, Niem VH (eds.), *Guía FAO para la Identificación de Especies para los Fines de la Pesca. Pacífico Centro-Oriental. Vol. 2, Vertebrados; no. 1*. Rome (Italy): Food and Agriculture Organization of the United Nations. p. 648–743.
- [CONAPESCA] Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (Mexico). 2017. *Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2017. Mazatlán (Mexico): Gobierno de México.* 300 p.
- [DOF] Diario Oficial de la Federación. 2007 Feb 14. *NORMA Oficial Mexicana NOM-029-PESC-2006, Pesca responsable de tiburones y rayas: Especificaciones para su aprovechamiento*. Mexico: Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; first section. p. 60–102.
- [DOF] Diario Oficial de la Federación. 2013 Jul 23. *ACUERDO por el que se modifica el aviso por el que se da a conocer el establecimiento de épocas y zonas de veda para la pesca de diferentes especies de la fauna acuática en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos, publicado el 16 de marzo de 1994, con el objetivo de concluir el periodo de veda de tiburones y rayas en el litoral del Océano Pacífico durante el 2013*. Mexico: Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 3 p.
- Durazo R. 2009. *Climate and upper ocean variability off Baja California, Mexico: 1997–2008*. *Prog Ocean.* 83(1–4):361–368.
<https://doi.org/10.1016/j.pocean.2009.07.043>
- Ebert DA. 2003. *Sharks, Rays, and Chimaeras of California*. [California]; University of California Press. 285 p.
- Eschmeyer WN, Herald ES, Hammann H, Gnagy J. 1983. *Pacific Coast Fishes, North America*. Peterson Field Guides. New York (NY): Houghton Mifflin Company. 336 p.
- Finkbeiner EM, Basurto X. 2015. Re-defining co-management to facilitate small-scale fisheries reform: An illustration from northwest Mexico. *Mar Pol.* 51:433–441.
<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2014.10.010>
- Furlong-Estrada E, Sosa-Nishizaki O, García-Rodríguez E. 2017. Caracterización de la pesquería de tiburón azul (*Prionace glauca*) en el Pacífico Norte mexicano: un antecedente histórico = Characterization of the blue shark fishery (*Prionace glauca*) in the Mexican North Pacific: a historical background. *Cienc Pesq.* 25(1):15–25.
- Hernández-Rivas M, Jiménez-Rosemberg SP, Funes-Rodríguez R, Saldierna-Martínez RJ. 2000. El centro de actividad biológica de la Bahía de Sebastián Vizcaíno, una primera aproximación [The center of biological activity in Sebastián Vizcaíno Bay, a first approximation]. In: Lluch-Belda D, Elorduy-Garay JF,

- Lluch-Cota SE, Ponce-Díaz G (eds.), BAC: Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano. La Paz (Mexico): Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. p. 65–86.
- Hopkins TE, Cech JJ Jr. 1994. Effect of temperature on oxygen consumption of the bat ray, *Myliobatis californica* (Chondrichthyes, Myliobatidae). *Copeia* 2:529–532. <https://doi.org/10.2307/1447005>
- Horn MH, Allen LG. 1978. A distributional analysis of California coastal marine fishes. *J Biogeogr.* 5(1):23–42. <https://doi.org/10.2307/3038105>
- Horn MH, Allen LG, Lea RN. Biogeography. 2006. In: Allen LG, Pondella II DJ, Horn MH (eds.), *The Ecology of Marine Fishes: California and Adjacent Waters*. [California]: University of California Press. p. 3–25.
- [INEGI] Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e Informática (Mexico). 2019. Población. Baja California: INEGI; [accessed 2019 Jun 4]; <https://www.inegi.org.mx/temas/estructura/default.html#Mapas>
- [OCEANA] Oceana, Protecting the World's Oceans. 2011 Oct 7. California Bans the Sale of Shark Fins—Completes West Coast Sweep of Shark Conservation. [place unknown]: OCEANA; [accessed 2019 Jun 4]. <https://oceana.org/press-center/press-releases/california-bans-sale-shark-fins-completes-west-coast-sweep-shark>
- Pita C, Villasante S, Pascual-Fernández JJ. 2019. Managing small-scale fisheries under data poor scenarios: lessons from around the world. *Mar Pol.* 101:154–157. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.02.008>
- Ramírez-Amaro SR, Cartamil D, Galván-Magaña F, González-Barba G, Graham JB, Carrera-Fernández M, Escobar-Sánchez O, Sosa-Nishizaki O, Rochin-Alamillo A. 2013. The artisanal elasmobranch fishery of the Pacific coast of Baja California Sur, Mexico, management implications. *Scient Mar.* 77(3):473–487. <https://doi.org/10.3989/scimar.03817.05a>
- [SAGARPA] Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Mexico). 2012. Avisos de arribo de pesca de elasmobranchios en Baja California [data provided for landings in 2007 and 2010]. Ensenada, (Mexico): SAGARPA; [Electronic .xls file provided upon request at the local fisheries office].
- Smith WD, Bizzarro JJ, Calliet GM. 2009. The artisanal elasmobranch fishery on the east coast of Baja California, Mexico: Characteristics and management considerations = La pesca artesanal de elasmobranchios en la costa oriental de Baja California, México: Características y consideraciones de manejo. *Cien Mar.* 35(2):209–236. <https://doi.org/10.7773/cm.v35i2.1534>
- Sosa-Nishizaki O, Márquez-Farías JF, Villavicencio-Garayzar CJ. 2008. Case study: Pelagic shark fisheries along the west coast of Mexico. In: Camhi MD, Pikitch EK, Babcock EA (eds.), *Sharks of the Open Ocean: Biology, Fisheries and Conservation*. Ames (Iowa): Blackwell Science. p. 275–281. <https://doi.org/10.1002/9781444302516.ch24>
- Teh LCL, Sumaila UR. 2013. Contribution of marine fisheries to worldwide employment. *Fish and Fish.* 14(1):77–88. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2011.00450.x>
- Weng KC, O'Sullivan JB, Lowe CG, Winkler CE, Dewar H, Block BA. 2007. Movements, behavior and habitat preferences of juvenile white sharks *Carcharodon carcharias* in the eastern Pacific. *Mar Ecol Prog Ser.* 338:211–224. <https://doi.org/10.3354/meps338211>
- Zar JH. 1996. *Biostatistical Analysis*. Upper Saddle River (NJ): Prentice Hall. 662 p.
- Zaytsev O, Cervantes-Duarte R, Montante O, Gallegos-García A. 2003. Coastal upwelling activity on the Pacific shelf of the Baja California Peninsula. *J Oceanogr.* 59(4):489–502.

Received June 2019,
accepted November 2019.