



Ciencias Marinas

ISSN: 0185-3880

cmarinas@uabc.mx

Universidad Autónoma de Baja California

México

Smith, WD; Bizzarro, JJ; Cailliet, GM

The artisanal elasmobranch fishery on the east coast of Baja California, Mexico: Characteristics and management considerations

Ciencias Marinas, vol. 35, núm. 2, 2009, pp. 209-236

Universidad Autónoma de Baja California

Ensenada, México

Available in: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48013186007>

- How to cite
- Complete issue
- More information about this article
- Journal's homepage in redalyc.org

redalyc.org

Scientific Information System

Network of Scientific Journals from Latin America, the Caribbean, Spain and Portugal

Non-profit academic project, developed under the open access initiative

The artisanal elasmobranch fishery on the east coast of Baja California, Mexico: Characteristics and management considerations

La pesca artesanal de elasmobranquios en la costa oriental de Baja California, México: Características y consideraciones de manejo

WD Smith^{1,2}, JJ Bizzarro¹, GM Cailliet¹

¹ Pacific Shark Research Center, Moss Landing Marine Laboratories, 8272 Moss Landing Rd., Moss Landing, CA 95039-9647, USA.

² Present address: Oregon State University, Dept. of Fisheries and Wildlife, 104 Nash Hall, Corvallis, OR 97339-1086, USA.
E-mail: wade.smith@oregonstate.edu

Abstract

The Mexican elasmobranch fishery ranks among the most important in the world, but details associated with fishing effort and species composition are generally unavailable, particularly for the extensive artisanal fishery. Seasonal surveys were conducted during 1998–1999 in the state of Baja California to determine the extent and activities of the artisanal elasmobranch fishery along its Gulf of California coast. Artisanal fishermen were highly opportunistic, and temporally switched targets depending on the local abundance of teleost, invertebrate, and elasmobranch fisheries resources. At least 17 species of shark, 13 species of ray, and 2 species of skate were identified among the 4495 specimens observed. Small, coastal sharks and rays were typically landed with bottom set gillnets during all surveyed seasons (spring–autumn) and large sharks were targeted with surface set (drift) gillnets during summer and autumn. Sharks and rays contributed similarly to elasmobranch landings, comprising 50.9% and 48.3%, respectively, of the total recorded catch. Overall landings were dominated by mustelid sharks (*Mustelus henlei*, *Mustelus* spp.) and the shovelnose guitarfish (*Rhinobatos productus*), with *Alopias pelagicus*, *Gymnura* spp., *Heterodontus mexicanus*, *Mobula munkiana*, *Myliobatis californica*, and *Squatina californica* also representing important components of the landings. *Alopias vulpinus* had previously been unreported for the Gulf of California and a new maximum size record was documented for *Myliobatis longirostris*. Catch rates (mean elasmobranchs/vessel/trip \pm standard error) were lowest during autumn (17.4 ± 3.9) and highest in spring (35.3 ± 14.1). Adult, commonly gravid, *A. pelagicus*, *Carcharhinus falciformis*, and *R. productus* females comprised a disproportionately greater component of the landings than did their male counterparts. Given the decades of largely unrestricted exploitation of elasmobranchs in Mexican waters, population declines and shifts in size structure are likely to have occurred among those species with the lowest fecundity and latest ages at maturity.

Key words: CPUE, Gulf of California, elasmobranchs, size composition.

Resumen

La pesquería mexicana de elasmobranquios es una de las principales del mundo, pero en general no se dispone de datos detallados acerca de su esfuerzo pesquero y composición específica, en particular de su extensa pesquería artesanal. Se realizaron muestreos estacionales en el estado de Baja California durante 1998–1999 para determinar la extensión y actividades de esta pesquería a lo largo de su costa del Golfo de California, encontrándose que los pescadores son altamente oportunistas, y cambian temporalmente de objetivo dependiendo de la abundancia local de teleósteos, invertebrados y elasmobranquios. Se identificaron al menos 17 especies de tiburones, 13 de rayas y 2 de mantas entre un total de 4495 especímenes observados. Durante todas las temporadas muestreadas (primavera a otoño) se desembarcaron pequeños tiburones y rayas costeros, típicamente provenientes de redes agalleras de fondo, mientras que los tiburones grandes fueron capturados con redes de superficie a la deriva durante verano y otoño. La contribución de tiburones y rayas en los desembarques de elasmobranquios fue similar (50.9% y 48.3%, respectivamente, de la captura total). En general, los desembarques estuvieron dominados por mustélidos (*Mustelus henlei*, *Mustelus* spp.) y la guitarra *Rhinobatos productus*, pero *Alopias pelagicus*, *Gymnura* spp., *Heterodontus mexicanus*, *Mobula munkiana*, *Myliobatis californica* y *Squatina californica* también representaron importantes componentes. *Alopias vulpinus* no había sido registrado anteriormente en el Golfo de California y se documentó una nueva talla máxima para *Myliobatis longirostris*. Se registraron las menores tasas de captura (promedio de elasmobranquios/embarcación/viaje \pm error estándar) en otoño (17.4 ± 3.9) y las mayores en primavera (35.3 ± 14.1). Los desembarques de hembras adultas, comúnmente grávidas, de *A. pelagicus*, *Carcharhinus falciformis* y *R. productus* constituyeron un componente desproporcionadamente mayor que los de sus contrapartes machos. Tras décadas de una extensa e irrestricta explotación en aguas mexicanas, es muy probable que las poblaciones de las especies con menor fecundidad y mayor edad de madurez sexual hayan mermado y su estructura de tallas cambiado.

Palabras clave: CPUE, Golfo de California, elasmobranquios, composición de tallas.

Introduction

Global elasmobranch fisheries are largely unregulated and catch records, when available, are often generalized and lack associated details on effort (Musick *et al.* 2000, Stevens *et al.* 2000). Reported landings are frequently derived from multi-species fisheries or incidental take, rather than from directed fisheries, further complicating the interpretation of catch records and potential management considerations (Bonfil 1994). The increasing exploitation of this group of fish and lack of corresponding conservation measures is especially alarming because elasmobranchs often possess life history traits (e.g., long life span, slow growth, low fecundity, late age at maturity, low natural mortality) that may severely restrict their ability to sustain fishing pressure or recover from over-exploitation (Holden 1974, Stevens *et al.* 2000).

The Mexican elasmobranch fishery expanded rapidly during the 1970s through the mid-1990s, when landings peaked at approximately 45,000 t (Bonfil 1994, CONAPESCA 2003); however, recent declines in average annual landings have prompted growing concerns over the status of exploited elasmobranch populations in Mexican waters (DOF 2004). Additional qualitative evidence suggests that the size and species composition of these catches may have been dramatically altered as a result of exploitation (Sala *et al.* 2004, Sáenz-Arroyo *et al.* 2005). Current Mexican catch statistics lack species-specific designations, inhibiting the identification of species-specific trends or long-term changes in the composition of exploited populations. Batoid landings have been historically unrecognized or grouped in with other unidentified species as “other species (*otras especies*)”. These categorizations have been recently improved and are currently collectively designated as “manta rays/rays (*mantarrayas/rayas*)”. Large sharks (≥ 1.5 m in total length) are reported as “sharks (*tiburón*)” and small sharks (≤ 1.5 m TL) are identified as “small sharks (*cazón*)”. Based on these aggregate classifications, sharks of the same species may be reported in both shark categories depending on the size of individuals (Castillo-Géniz *et al.* 1998).

Elasmobranch landings from the four Mexican states bordering on the Gulf of California (Baja California, Baja California Sur, Sonora, and Sinaloa) averaged 15,367 t per year from 1986 to 2003, accounting for 41.7% of the national total (CONAPESCA unpub. data). The majority of these landings were derived from the Gulf of California (GC), a region noted for high productivity and species diversity (e.g., Brusca *et al.* 2005). Directed artisanal fishing effort for coastal as well as highly migratory pelagic sharks and rays generates a substantial proportion of Mexico’s overall landings (Castillo-Géniz *et al.* 1998, Arreguín-Sánchez *et al.* 2004, Bizzarro *et al.* 2007). Anthropogenic impacts on marine populations, including coastal development and increasing fishing effort, have been perhaps most intensified in the northern GC, particularly along the coast of Baja California (Enríquez-Andrade *et al.* 2005); however, details of the state’s artisanal fisheries are

Introducción

La mayoría de las pesquerías de elasmobranquios a nivel mundial carecen de regulación y sus registros de capturas, cuando existen, tienden a ser muy generalizados, sin detalles sobre el esfuerzo (Musick *et al.* 2000, Stevens *et al.* 2000). Los desembarques registrados con frecuencia provienen de pesquerías multiespecíficas o captura incidental, más que de pesquerías dirigidas, complicando aún más la interpretación de los registros de captura y las consideraciones para un posible manejo (Bonfil 1994). Son particularmente preocupantes el incremento en la explotación de este grupo de peces y la ausencia de sus correspondientes medidas de conservación, ya que los ciclos de vida de los elasmobranquios frecuentemente tienen características (e.g., expectativas de vida prolongada, crecimiento lento, baja fecundidad, edad de madurez tardía, baja mortalidad natural) que pueden limitar seriamente su capacidad de soportar la presión de pesca o recuperarse de una sobrepesca (Holden 1974, Stevens *et al.* 2000).

La pesquería mexicana de elasmobranquios creció rápidamente desde los años setenta hasta mediados de los noventa, cuando los desembarques alcanzaron aproximadamente 45,000 t (Bonfil 1994, CONAPESCA 2003); sin embargo, la disminución de las capturas medias anuales ha suscitado una creciente preocupación sobre la condición de las poblaciones de elasmobranquios explotadas en aguas mexicanas (DOF 2004). Existe evidencia cualitativa adicional que sugiere que la composición de especies y tallas de estas capturas puede haberse visto alterado dramáticamente como resultado de la explotación (Sala *et al.* 2004, Sáenz-Arroyo *et al.* 2005). En las estadísticas mexicanas actuales no se consideran las diferentes especies de elasmobranquios de manera separada, lo que impide la identificación de sus tendencias específicas o los cambios a largo plazo en la composición de las poblaciones explotadas. Históricamente no se han distinguido los desembarques de batoideos o se han agrupado con otras especies no identificadas en la categoría de “otras especies”. A partir de una reciente mejora en estas categorizaciones, actualmente se designan colectivamente como “mantarrayas/rayas”. Los tiburones grandes (≥ 1.5 m de longitud total) se clasifican como “tiburón” y los pequeños (≤ 1.5 m LT) como “cazón”. Con base en estas categorías, tiburones de una misma especie pueden ser registrados tanto como cazón o tiburón según la talla de los individuos (Castillo-Géniz *et al.* 1998).

Los desembarques de elasmobranquios de los cuatro estados mexicanos que rodean el Golfo de California (Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa) promediaron 15,367 t anuales de 1986 a 2003, lo que representa 41.7% del total nacional (CONAPESCA datos no publicados). La mayoría de estos desembarques provinieron del Golfo de California (GC), una región de gran productividad y diversidad de especies (e.g., Brusca *et al.* 2005). El esfuerzo pesquero artesanal dirigido hacia la captura de rayas y tiburones tanto costeros como pelágicos y migratorios genera una proporción sustancial de los desembarques totales en México (Castillo-

primarily available from the Pacific coast where the locations and activities of fishing camps for both elasmobranchs and teleosts have received more attention (Holts *et al.* 1998, Rosales-Casián *et al.* 2003). Cudney-Bueno and Turk-Boyer (1998) produced a valuable descriptive overview of the artisanal fishery in the upper GC that incorporated fishing characteristics of vessels and locations in Baja California, but specific information on the catch per unit effort, species, and size composition of elasmobranch landings was not available.

Growing concern of the overexploitation of elasmobranch populations in Mexico has prompted the development of a federal management plan and underscored the need for fundamental information on targeted species (DOF 2007). Improved management of these fisheries has been hampered, in part, by a lack of detailed quantitative information on the location and activities of artisanal fishing sites, species composition of landings, and basic life history information of targeted species. As part of a two-year, international collaborative project to improve the understanding, conservation, and management of Mexico's shark and ray populations, the artisanal elasmobranch fishery of the state of Baja California was surveyed seasonally along the GC coastline during 1998 and 1999. In conjunction with coordinated artisanal fishery surveys throughout the GC, these details provide a basis for state-specific comparisons of catch composition and effort within the poorly documented but extensive artisanal fisheries (Bonfil 1994, Bizzarro *et al.* 2009).

Material and methods

The eastern Baja California elasmobranch fishery was surveyed in spring, summer, and autumn of 1998 and 1999. Data were collected specifically during 26 March–9 April, 18 June–9 July, and 25 October–3 November 1998, and 8–20 April, 6–26 July, and 26 October–4 November 1999. The majority of documented sites were revisited seasonally. Seasons were defined as follows: spring, March–May; summer, June–August; autumn, September–November; and winter, December–February. Sites supporting artisanal fishing activities, broadly termed as camps, were characterized based on the level of infrastructure (A = little to no infrastructure, B = moderate infrastructure, C = significant infrastructure), permanence (1 = permanent, 2 = seasonal), period of operation, and the number of active artisanal fishing vessels locally called *pangas*. At each location, the *pangas* that directly targeted elasmobranchs were surveyed to determine target species, catch composition, fishing locations, gear use, ex-vessel prices, and markets. All references to mesh size of gillnets indicate stretched mesh width. Survey priorities differed slightly between years. During 1998, surveys were principally directed at determining the locations and activities of all active artisanal fishing sites in eastern Baja California. Primary elasmobranch fishing sites were revisited during 1999 to allow for seasonal comparison of fishing effort and species composition, and additional sampling effort was dedicated to collecting biological information from landed specimens.

Géniz *et al.* 1998, Arreguín-Sánchez *et al.* 2004, Bizzarro *et al.* 2007). Los impactos antropogénicos sobre las poblaciones marinas, incluyendo un aumento en el esfuerzo de pesca y el desarrollo costero, probablemente han sido más intensos en la parte norte del GC, especialmente a lo largo de la costa de Baja California (Enríquez-Andrade *et al.* 2005); sin embargo, la mayor parte de la información disponible sobre las pesquerías artesanales de este estado corresponde a la costa del Pacífico, donde los sitios y las actividades de los campos pesqueros dedicados a la captura tanto de elasmobranchios como de teleósteos han recibido más atención (Holts *et al.* 1998, Rosales-Casián *et al.* 2003). Cudney-Bueno y Turk-Boyer (1998) prepararon una valiosa reseña descriptiva de la pesquería artesanal en el alto GC, que incluye información sobre las características de las embarcaciones y los sitios de pesca en Baja California, pero no proporciona información específica de la captura por unidad de esfuerzo y la composición de especies y tallas de los desembarques de elasmobranchios.

La creciente preocupación en relación a la sobrepesca de las poblaciones de elasmobranchios en México ha dado lugar al desarrollo de un plan federal de manejo y ha mostrado la necesidad de recabar información fundamental de las especies objetivo (DOF 2007). El mejor manejo de estas pesquerías se ha visto impedido, en parte, por la falta de información cuantitativa detallada sobre la ubicación y las actividades de los campos de pesca artesanal, la composición específica de las capturas y los ciclos de vida de las especies objetivo. Como parte de un proyecto internacional de dos años para mejorar el conocimiento, la conservación y el manejo de las poblaciones de tiburones y rayas en México, se realizó un estudio estacional de la pesquería artesanal de elasmobranchios a lo largo de la costa del GC del estado de Baja California durante 1998 y 1999. Junto con otros estudios coordinados de las pesquerías artesanales en todo el GC, estos datos aportan una base para la comparación a nivel estado del esfuerzo y la composición de las capturas de estas extensas pero pobremente documentadas pesquerías artesanales (Bonfil 1994, Bizzarro *et al.* 2009).

Materiales y métodos

Se estudió la pesquería de elasmobranchios en la costa oriental de Baja California en primavera, verano y otoño de 1998 y 1999. Se reacabaron datos del 26 de marzo al 9 de abril, del 18 de junio al 9 de julio y del 25 de octubre al 3 de noviembre de 1998, y del 8 al 20 de abril, del 6 al 26 de julio y del 26 de octubre al 4 de noviembre de 1999. La mayoría de los sitios muestreados se revisitaron estacionalmente. Las estaciones se definieron de la siguiente forma: primavera, de marzo a mayo; verano, de junio a agosto; otoño, de septiembre a noviembre; e invierno, de diciembre a febrero. Los sitios donde se realizaban actividades de pesca artesanal, denominados campos, se caracterizaron con base en el nivel de infraestructura (A = poca o nula infraestructura, B = infraestructura moderada, C = infraestructura significativa), la permanencia (1 = permanente, 2 = estacional), el periodo de operación y el número de pangas

Landings of each vessel targeting elasmobranchs (including teleost, other vertebrate, and invertebrate catches) were identified to lowest possible taxon and enumerated. Because of taxonomic uncertainty within these genera and insufficiently detailed keys at the time of the surveys, gymnurid rays (i.e., *Gymnura crebripunctata* (Peters 1869), *G. marmorata* (Cooper 1863)) and most mustelid sharks were grouped into species complexes (i.e., *Gymnura* spp., *Mustelus* spp.) (Castro-Aguirre *et al.* 2005, Pérez-Jiménez *et al.* 2005, Smith *et al.* in press); however, since *Mustelus henlei* (Gill 1863) could be reliably distinguished from other local mustelids based on dentition, it was consistently identified to species. Following the identification and enumeration of specimens landed in the directed artisanal elasmobranch fishery, species-specific size and sex composition were collected opportunistically. Specimens were often dressed prior to a vessel's arrival at camp and overall sampling time was limited to minimize interference with general fishing operations. Standard measurements (e.g., disc

(embarcaciones de pesca artesanal) activas. En cada localidad, se muestrearon las pangas dedicadas a la pesca de elasmobranchios para determinar sus especies objetivo, la composición de sus capturas, sus zonas de pesca, el arte de pesca empleado, el precio en playa y su mercado. Todas las referencias al tamaño de malla de las redes agalleras indican el ancho de la malla estirada. Las prioridades del estudio difirieron un poco entre años. En 1998, el objetivo de los muestreos fue determinar las zonas y las actividades de todos los campos de pesca artesanal en la costa oriental de Baja California. En 1999 se volvieron a visitar las principales localidades de pesca de elasmobranchios para poder realizar una comparación estacional del esfuerzo pesquero y la composición de especies, y además se recabó información biológica de los especímenes desembarcados.

Los desembarques de cada embarcación de pesca dirigida a elasmobranchios (incluyendo capturas de teleosteos, otros vertebrados e invertebrados) fueron identificados hasta el menor taxón posible y cuantificados. Debido a la incertidumbre taxonómica de estos géneros y a que las claves disponibles al momento de los muestreos no eran lo suficientemente detalladas, los gimnúridos (i.e., *Gymnura crebripunctata* (Peters 1869), *G. marmorata* (Cooper 1863)) y la mayoría de los mustélidos se agruparon en complejos específicos (i.e., *Gymnura* spp., *Mustelus* spp.) (Castro-Aguirre *et al.* 2005, Pérez-Jiménez *et al.* 2005, Smith *et al.* en prensa). La excepción fue *Mustelus henlei* (Gill 1863), cuya dentición permitió distinguirla de los demás mustélidos por lo que consistentemente se identificó a nivel de especie. Después de la identificación y enumeración de los especímenes desembarcados por la pesquería artesanal de elasmobranchios, oportunamente se recabaron datos sobre talla y composición de sexos por especie. Los especímenes con frecuencia ya habían sido eviscerados y descabezados antes de arribar a los campos y fue necesario limitar el tiempo total de muestreo para interferir lo menos posible con las operaciones pesqueras en general. Las mediciones estándar (e.g., ancho de disco, longitud precaudal y longitud total) se registraron al 1.0 cm más cercano (Compagno 1984). Cuando el tiempo lo permitió, se determinó el estado de madurez de los especímenes medidos con base en una inspección visual de los órganos reproductivos, clasificándolos en una de cuatro categorías, según los criterios de Pratt (1979) y Martin y Cailliet (1988): neonato, juvenil, maduro o hembra grávida. La designación de neonato sólo se aplicó en especies vivíparas placentarias. Las hembras fueron consideradas maduras cuando se observaron óvulos vitelogénicos >1 cm de diámetro en sus ovarios y sus úteros estaban bien desarrollados. Los machos se consideraron maduros si poseían cláspers bien calcificados, que rotaban fácilmente y cuyas puntas podían ser expandidas, si los conductos deferentes estaban bien enrollados y si los testículos estaban inflamados y presentaban lóbulos.

Los desembarques de elasmobranchios se totalizaron por estación del año para evaluar la composición de especies. La captura por unidad de esfuerzo (CPUE), definida como el número de individuos/embarcación/viaje, se calculó para cada estación muestreada. Los especímenes medidos fueron

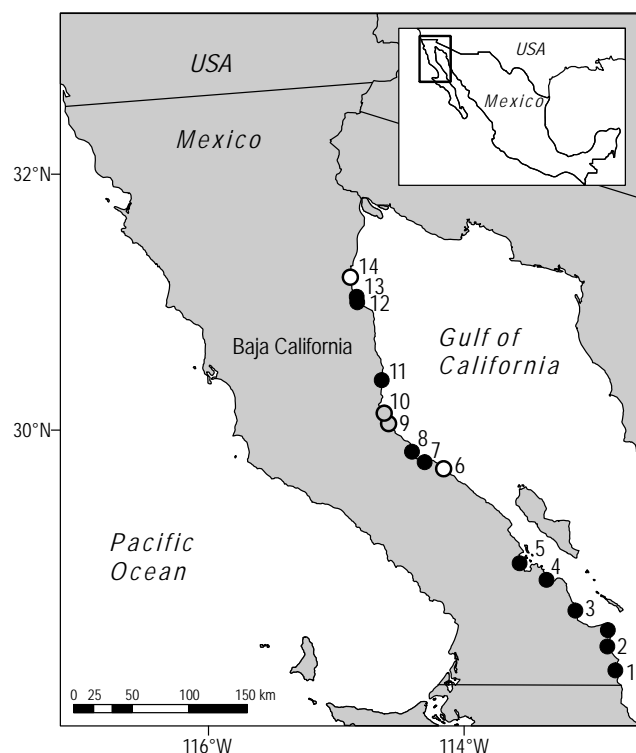


Figure 1. Location of artisanal fishing camps ($n = 17$) documented on the east coast of the state of Baja California (Mexico) during 1998–1999. Designations are as follows: black dots = elasmobranchs targeted, white dots = elasmobranchs not targeted, and gray dots = fishery targets unknown.

Figura 1. Localización de los campos de pesca artesanal ($n = 17$) muestreados en la costa oriental del estado de Baja California (México) durante 1998–1999. Los puntos negros y blancos indican los sitios donde se realiza la captura de elasmobranchios como especie objetivo y no objetivo, respectivamente, y los puntos grises indican los sitios donde se desconocen los objetivos de pesca.

width, precaudal length, and total length) were recorded to the nearest 1.0 cm (Compagno 1984). When time allowed, the maturity status of measured specimens was determined based on visual inspection of the reproductive organs, and individuals were classified to one of four categories following the criteria presented by Pratt (1979) and Martin and Cailliet (1988): neonate, juvenile, mature, or gravid. Neonate designations were only assigned to placentally viviparous species. Females were assessed as mature if vitellogenic ova >1 cm diameter were present in the ovaries and uteri were well developed. Males were considered to be mature if the claspers were well calcified, easily rotated, clasper tips could be expanded, the vas deferens was highly coiled, and the testes were enlarged and lobed.

Elasmobranch landings were summed by season and by year to assess species composition. Catch per unit effort (CPUE), defined as number of individuals/vessel/trip, was calculated for each season surveyed. Measured specimens were utilized to determine size composition and sex ratio of landings. Sex-specific size composition was additionally plotted for all species with ≥ 50 measured individuals, evaluated for normality (Shapiro-Wilk test) and homoscedasticity (F test), and compared using t or Mann-Whitney tests, as appropriate. When raw size data did not meet the requirements for parametric analysis, both log and square root transformations were independently applied and the resulting data sets were again examined using Shapiro-Wilk and two-tailed variance ratio F tests; however, neither transformation successfully reduced the observed variance between data sets. As a result, differences in the size composition between the sexes were compared using raw size data in all cases. Additionally, the proportion of females to males among landings was evaluated using chi-square analysis with Yates correction for continuity for those specimens directly examined (Zar 1996).

Results

Camp characteristics

A total of 17 artisanal fishing camps were documented on the eastern coast of Baja California over 70 survey days during 1998–1999 (table 1, fig. 1). Elasmobranchs were directly targeted at 70.6% ($n = 12$) of the camps. Fishing effort was exclusively focused on bivalves (especially scallops, Pectinidae) at camp BC-07, and on teleosts and shrimp at BC-15 and BC-17. Most fishing camps were active throughout the year (58.8%, $n = 10$). Signs of fishing activity were evident at two additional locations (BC-11, BC-12), but the extent of effort directed toward elasmobranchs could not be confirmed because no one was present at the time of the surveys. The majority of camps contained moderate infrastructure (64.7%, $n = 11$). In contrast to the other largely isolated camps, artisanal fishery landing sites associated with the port of San Felipe (BC-14, BC-15, BC-16) were well developed and supported considerably more fishing vessels. The number of *pangas* actively involved in

empleados para determinar la composición de tallas y la razón de sexos de los desembarques. También se determinó la composición de tallas por sexo para todas las especies de las cuales se midieron ≥ 50 individuos, y se verificó su normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) y homoscedasticidad (prueba F) comparándose mediante pruebas t o de Mann-Whitney, según se consideró adecuado. Cuando los datos de talla crudos no cumplieron con los requerimientos para el análisis paramétrico, se aplicaron transformaciones logarítmicas y cuadráticas de manera independiente, y los conjuntos de datos resultantes se volvieron a examinar mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la prueba F de dos colas (razón de varianzas); sin embargo, ninguna transformación redujo exitosamente la varianza observada entre estos conjuntos. Consecuentemente, en todos los casos se compararon las diferencias en la composición de tallas entre sexos usando los datos de talla crudos. Asimismo, se evaluó la proporción de hembras a machos entre los desembarques mediante la prueba chi-cuadrada con corrección por continuidad de Yates para los especímenes examinados directamente (Zar 1996).

Resultados

Características de los campos pesqueros

Se documentaron un total de 17 campos de pesca artesanal en la costa oriental de Baja California durante 70 días de muestreo en 1998 y 1999 (tabla 1, fig. 1). Los elasmobranchios fueron las especies objetivo en 70.6% ($n = 12$) de los campos. En el campo BC-07 el esfuerzo de pesca se enfocaba exclusivamente a los bivalvos (especialmente pectínidos), mientras que en los campos BC-15 y BC-17 la pesca se dirigía a teleósteos y camarón. La mayoría de los campos pesqueros estuvieron activos durante todo el año (58.8%, $n = 10$). Hubo evidencias de actividades pesqueras en dos campos adicionales (BC-11 y BC-12), pero no fue posible confirmar el grado de esfuerzo dirigido a los elasmobranchios ya que aquellos se encontraron desiertos durante las temporadas de muestreo. La mayoría de los campos contaban con infraestructura moderada (64.7%, $n = 11$). En contraste con otros campos más aislados, los sitios de desembarque de la pesquería artesanal asociados con el puerto de San Felipe (campos BC-14, BC-15 y BC-16) se encontraron bien desarrollados y mantenían un número considerablemente mayor de embarcaciones. El número de pangas involucradas activamente en las operaciones pesqueras durante los muestreos, pero no necesariamente a la pesca de elasmobranchios, varió de uno (campos BC-05, BC-08 y BC-12) a aproximadamente 200 (campo BC-14). El esfuerzo pesquero sobre los elasmobranchios fue mayor en la parte sur del estado. El arribo de pescadores del estado de Chiapas, quienes se enfocaron específicamente a la pesca de grandes tiburones durante el verano y el otoño, contribuyó notablemente a la variabilidad del número de pangas y del esfuerzo pesquero sobre los elasmobranchios en el campo BC-02. Durante el verano y principios de otoño en el campo BC-03 se encontraron pescadores del estado de Baja California Sur, quienes también

Table 1. Descriptive information for all artisanal fishing camps documented on the east coast of the state of Baja California (BC) during 1998–1999. Type: A = little to no infrastructure, B = moderate infrastructure, and C = significant infrastructure. Permanence (Perm.): 1 = permanent and 2 = seasonal. PFA = period of fishing activity. # pangas = number of operational artisanal fishing vessels at the time of survey(s); zero values listed indicate that the camp was temporarily inactive (because of weather, holidays, etc.) or seasonally abandoned at the time of survey. Elasm. = elasmobranchs targeted during the year or not.

Tabla 1. Información descriptiva de todos los campos de pesca artesanal documentados en la costa oriental del estado de Baja California (BC) durante 1998–1999. Tipo: A = poca a nula infraestructura, B = infraestructura moderada y C = infraestructura significativa. Permanencia (Perm.): 1 = permanente y 2 = temporal. PFA = periodo de actividad pesquera. # pangas = número de embarcaciones de pesca artesanal durante los muestreos; el valor cero indica que el sitio se encontraba temporalmente inactivo (debido al clima, vacaciones, etc.) o temporalmente abandonado al momento del muestreo. Elasm. = elasmobranchios capturados como especie objetivo o no durante el año.

Camp code	Camp name	Latitude	Longitude	Type	Perm.	PFA	# Pangas	Elasm.
BC-01	San Miguel	28.11	–112.81	A	1	May–Aug, Jan–Feb	0	Yes
BC-02	El Barril	28.30	–112.87	B	2	Year-round	6–26	Yes
BC-03	San Francisquito	28.43	–112.87	B	1	Jun–Nov	0–5	Yes
BC-04	San Rafael	28.58	–113.12	B	1	Mar–Nov	4–13	Yes
BC-05	Bahía las Ánimas	28.82	–113.35	B	2	Year-round	1–4	Yes
BC-06	Bahía de los Ángeles	28.95	–113.56	C	2	Year-round	5–30	Yes
BC-07	Calamajue	29.69	–114.16	B	2	Year-round	10	No
BC-08	Punta Final	29.74	–114.30	B	2	Year-round	1–4	Yes
BC-09	Alfonsina's	29.81	–114.41	B	1	Dec–Aug	0–5	Yes
BC-10	Isla San Luis Gonzaga	29.82	–114.40	B	1	Mar–Aug	0–6	Yes
BC-11	Los Paredes	30.05	–114.59	A	1	Unknown	0	Unknown
BC-12	El Huerfanito	30.12	–114.62	B	1	Unknown	1	Unknown
BC-13	Playa Destiny	30.38	–114.64	B	2	Year-round	4–17	Yes
BC-14	San Felipe Harbor	31.00	–114.83	C	2	Year-round	43–200	Yes
BC-15	San Felipe Malecón	31.03	–114.84	C	2	Year-round	37–85	No
BC-16	Campo Ruben's	31.03	–114.83	C	2	Year-round	25–40	Yes
BC-17	Campo Don Abel	31.19	–114.89	B	2	Year-round	2–4	No

fishing operations at the time of the surveys, but not necessarily targeting elasmobranchs, ranged from one (BC-05, BC-08, BC-12) to approximately 200 (BC-14). Elasmobranch fishing effort was more extensive in the southern region of the state. An influx of fishermen from the southern Mexican state of Chiapas who specifically targeted large sharks during the summer and autumn contributed notably to the variability in the number of pangas and elasmobranch fishing effort at BC-02. Fishermen also traveled north from the state of Baja California Sur to target large sharks at BC-03 during the summer and early autumn. Although directed effort for elasmobranchs was generally low near San Felipe (BC-14, BC-15, BC-16), indirect take of elasmobranchs was common in both artisanal and industrial teleost fisheries.

Fishery characteristics

Bottom set gillnets were the primary gear type employed among the 140 pangas for which type and set location details were available (table 2). Surface set gillnets were used increasingly during the late summer and autumn. More than one gillnet was usually deployed, with three to five nets often recorded among sampled vessels. Soak times ranged from 8 to 24 h. Fishermen using surface set gillnets attended their gear during

se desplazaron hacia el norte para la pesca de grandes tiburones. Aunque el esfuerzo dirigido a los elasmobranchios en general fue bajo cerca de San Felipe (campos BC-14, BC-15 y BC-16), su captura incidental fue común tanto en la pesquería artesanal de teleósteos como en la industrial.

Características de la pesquería

Las redes agalleras de fondo fueron el principal arte de pesca empleado por las 140 pangas que aportaron información sobre el tipo y localización de los lances (tabla 2). Las redes agalleras de superficie se usaron de manera creciente hacia finales de verano y en otoño. Normalmente se empleaba más de una red agallera, registrándose de tres a cinco por embarcación muestreada. Las redes permanecían en el agua entre 8 y 24 h. Los pescadores que emplean redes agalleras de superficie las cuidan durante todo el tiempo que éstas permanecen en el agua. La mayoría de las redes agalleras de fondo tienen una luz de malla de 12.7 ó 20.3 cm, pero se observaron redes de 7.6 a 20.3 cm de luz de malla. Las redes agalleras de superficie empleadas para capturar tiburones de mayor tamaño, como *Carcharhinus falciformis* (Bibron, *sensu* Müller y Henle 1839) y *Sphyrna zygaena* (L 1758), variaron entre 25.4 y 38.1 cm de luz de malla. La longitud de las redes agalleras de fondo varió

Table 2. Gear use within the eastern Baja California artisanal elasmobranch fishery by season and set location.
Tabla 2. Artes de pesca empleadas en la pesquería artesanal de elasmobranchios en la costa oriental de Baja California por estación del año y tipo de lance.

Season	# Vessels	Bottom set		Surface set	
		% Gillnets	% Longlines	% Gillnets	% Longlines
Spring	23	100.0	0.0	0.0	0.0
Summer	72	50.0	2.8	47.2	0.0
Autumn	45	35.6	0.0	64.4	0.0

the period of deployment. Most bottom set gillnets consisted of 12.7- or 20.3-cm mesh, but a range of mesh sizes from 7.6 to 20.3 cm was observed. Surface set gillnets, used to target larger sharks such as *Carcharhinus falciformis* (Bibron, *sensu* Müller and Henle 1839) and *Sphyrna zygaena* (L 1758), ranged from 25.4 to 38.1 cm. Lengths of gillnets were highly variable and were estimated to range from 400 to 1500 m among bottom set gillnets and from 180 to 1050 m for surface set gillnets. Fishermen reported sets to occur from depths of 3–100 m. Secondary gears, such as handlines, were often aboard sampled vessels and allowed fishermen to opportunistically target teleost and elasmobranch species during their trips. Crews were most often comprised of two individuals, but groups of three or four occasionally operated aboard *pangas* that deployed surface set gillnets.

The artisanal fisheries of eastern Baja California were diverse and highly opportunistic. Activities, targets, and gear use changed seasonally within fishing camps. Elasmobranchs landed in more remote camps (e.g., BC-04, BC-05) were typically filleted, salted, and dried as a method of preservation and sold for local (Baja California) consumption. Elasmobranchs were also directly consumed within fishing camps and were partially relied upon as a component of subsistence fisheries. Buyers of meat and fins of several larger, primarily red-fleshed shark species (e.g., *Alopias pelagicus* (Nakamura 1935), *Isurus oxyrinchus* (Rafinesque 1810)) traveled to select camps to purchase dressed sharks for export primarily to the United States and Asian markets. Fins from *Rhinobatos productus* (Girard 1854) were also frequently retained for sale at BC-02. Skins and jaws of some sharks (e.g., *Carcharhinus obscurus* (Lesueur 1818), *C. falciformis*) were excised and sold at some camps (e.g., BC-02, BC-03). At sites with more infrastructure, sharks and rays were typically dressed, iced, and sold fresh to local buyers or cooperatives. Prices for elasmobranchs varied among seasons, by species, size, and buyers, but typically ranged between MX\$3.00 and MX\$8.00 per kilogram.

Catch composition

Sharks and rays contributed similarly to elasmobranch landings in Baja California, comprising 50.9% and 48.3%, respectively, of the overall recorded catch (table 3). At least 17 species of shark, 13 species of ray, and 2 species of skate were identified among the 4495 specimens observed. Catch

de 400 a 1500 m, mientras que la de redes de superficie varió de 180 a 1050 m. Según los pescadores, los lances se efectuaban entre 3 y 100 m de profundidad. Fue común observar artes de pesca secundarias, como líneas de mano, a bordo de las embarcaciones muestreadas, que permiten a los pescadores capturar oportunamente especies de elasmobranchios y teleósteos durante sus viajes. Las tripulaciones en general consistían de dos individuos, pero ocasionalmente se encontraron grupos de tres o cuatro a bordo de las pangas empleando redes agalleras de superficie.

Las pesquerías artesanales de la costa oriental de Baja California resultaron diversas y muy oportunistas, cambiando temporalmente de actividades, especies objetivo y artes de pesca en los campos pesqueros. Los elasmobranchios desembarcados en los campos más remotos (e.g., BC-04, BC-05) en general se filetean, salan y secan para su conservación, y se venden para consumo local (Baja California). En los campos también se registró el consumo directo de elasmobranchios, los cuales son considerados un componente de la pesquería de subsistencia. Los compradores de carne y aletas de varias de las especies de tiburones más grandes, principalmente de carne roja (e.g., *Alopias pelagicus* (Nakamura 1935), *Isurus oxyrinchus* (Rafinesque 1810)), visitan ciertos campos para adquirir tiburones eviscerados para su exportación principalmente a los mercados asiáticos y de Estados Unidos. En el campo BC-02 también se guardaban las aletas de *Rhinobatos productus* (Girard 1854) para su venta. En algunos campos se separaban la piel y la mandíbula de algunos tiburones (e.g., *Carcharhinus obscurus* (Lesueur 1818), *C. falciformis*) para su venta (e.g., BC-02, BC-03). En los sitios con más infraestructura los tiburones y las rayas generalmente se destazaban, se enhielaban y se vendían frescos a compradores y cooperativas locales. Los precios de los elasmobranchios variaron según la temporada, especie, talla y comprador, pero típicamente oscilaban entre \$3.00 y \$8.00 pesos por kilogramo.

Composición de la captura

Los tiburones y las rayas contribuyeron de forma similar a los desembarques de elasmobranchios en Baja California, constituyendo 50.9% y 48.3%, respectivamente, de la captura total registrada (tabla 3). Se identificaron al menos 17 especies de tiburón, 13 especies de rayas y 2 especies de mantas, entre un total de 4495 especímenes observados. Las capturas

Table 3. Seasonal, annual, and total catch composition of elasmobranch landings sampled from artisanal vessels targeting elasmobranchs on the eastern coast of the state of Baja California during 1998–1999; n = number of individuals; % = percentage within landings.

Tabla 3. Composición estacional, anual y de la captura total de los desembarques de elasmobranchios documentados de la pesquería artesanal dirigida a estas especies en la costa oriental del estado de Baja California durante 1998–1999; n = número de individuos; % = porcentaje en los desembarques.

Higher taxon	Spring			Summer			Autumn			1998			1999			Total	
	1998n	1998%	1999n	1999%	1998n	1998%	1999n	1999%	1998n	1998%	n	%	n	%	n	n	%
Shark																	
<i>Alopias pelagicus</i>											160	6.66	15	0.72	175	3.89	
<i>Alopias superciliosus</i>											2	0.08	1	0.05	3	0.07	
<i>Alopias vulpinus</i>											2	0.08			2	0.04	
<i>Carcharhinidae</i>											97	4.04			97	2.16	
<i>Carcharhinus falciformis</i>											56	2.33	48	2.29	104	2.31	
<i>Carcharhinus limbatus</i>											18	0.76	19	0.79	33	1.58	
<i>Carcharhinus obscurus</i>											1	0.04			1	0.02	
<i>Cephaloscyllium ventriosum</i>	27	1.95									1	0.16			27	28	0.62
<i>Heterodontus mexicanus</i>	264	19.05									19	3.04	20	0.83	270	290	6.45
<i>Isurus oxyrinchus</i>											1	0.16	1	0.04	4	5	0.11
<i>Mustelus henlei</i>											36	5.75	73	41.01	73	109	2.42
<i>Mustelus spp.</i>	639	46.10									226	36.10			640	947	21.07
<i>Prionace glauca</i>											1	0.19			1	1	0.02
<i>Rhizoprionodon longurio</i>											107	6.41	6	1.13	108	114	2.54
<i>Sphyrna lewini</i>											2	0.12	11	2.08	10	21	0.47
<i>Sphyrna spp.</i>											19	1.14	1	0.19	19	20	0.44
<i>Sphyrna zygaena</i>											41	2.46	23	4.35	17	84	1.87
<i>Squatina californica</i>	44	41.51	79	5.70											26	174	3.87
<i>Triakis semifasciata</i>			2	0.14											3	3	0.07
Unidentified	59	55.66														59	1.31
Subtotal	103	97.17	1011	72.94	406	24.31	109	20.60	491	78.43	169	94.94	1289	61.59	2289	50.92	
Skate																	
<i>Raja inornata</i>			4	0.29							1	0.16			4	5	0.11
<i>Raja velezi</i>			26	1.88							4	0.64			26	30	0.67
Subtotal	0	0.00	30	2.16	0	0.00	0	0.00	5	0.80	0	0.00	30	1.43	35	0.78	

(Continued)

Higher taxon	Spring				Summer				Autumn				1998		1999		Total	
	1998		1999		1998		1999		1998		1999		1998		1999		Total	
	1998n	1998%	1999n	1999%	1998n	1998%	1999n	1999%	1998n	1998%	1999n	1999%	n	%	n	%	n	%
Ray																		
<i>Dasyatis dipterura</i>			17	1.23	9	0.54	10	1.89	1	0.16			10	0.42	27	1.29	37	0.82
<i>Dasyatis longa</i>							6	1.13							6	0.29	6	0.13
<i>Dasyatis</i> sp.					1	0.06							1	0.04			1	0.02
<i>Gymnura</i> spp.	1	0.94	52	3.75	63	3.77	55	10.40	21	3.35			85	3.54	107	5.11	192	4.27
<i>Mobula japonica</i>					2	0.12	2	0.38			1	0.56	2	0.08	3	0.14	5	0.11
<i>Mobula munkiana</i>					242	14.49					5	2.81	242	10.07	5	0.24	247	5.49
<i>Mobula</i> sp.					1	0.06							1	0.04			1	0.02
<i>Mobula thurstoni</i>					8	0.48	1	0.19					8	0.33	1	0.05	9	0.20
<i>Myliobatidae</i>					6	0.36							6	0.25			6	0.13
<i>Myliobatis californica</i>			68	4.91	95	5.69	28	5.29	59	9.42			154	6.41	96	4.59	250	5.56
<i>Myliobatis longirostris</i>					19	1.14			5	0.80			24	1.00			24	0.53
<i>Myliobatis</i> sp.	1	0.94											1	0.04			1	0.02
<i>Narcine entemedor</i>			4	0.29	3	0.18	1	0.19					3	0.12	5	0.24	8	0.18
<i>Narcine</i> spp.					10	0.60							10	0.42			10	0.22
<i>Rhinobatidae</i>			4	0.29											4	0.19	4	0.09
<i>Rhinobatos productus</i>			165	11.90	670	40.12	295	55.77	38	6.07			708	29.48	460	21.98	1168	25.98
<i>Rhinobatos</i> sp.					1	0.06							1	0.04			1	0.02
<i>Rhinoptera steindachneri</i>					133	7.96	22	4.16	6	0.96			139	5.79	22	1.05	161	3.58
<i>Urobatis halleri</i>											1	0.56			1	0.05	1	0.02
<i>Urobatis</i> sp.			1	0.07											1	0.05	1	0.02
<i>Zaperyx exasperata</i>			34	2.45							2	1.12			36	1.72	36	0.80
Subtotal	2	1.89	345	24.89	1263	75.63	420	79.40	130	20.77	9	5.06	1395	58.08	774	36.98	2169	48.25
Batoid																		
Unidentified	1	0.94			1	0.06							2	0.08			2	0.04
Subtotal	1	0.94	0	0.00	1	0.06	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	0.08	0	0.00	2	0.04
Total	106	100.00	1386	100.00	1670	100.00	529	100.00	626	100.00	178	100.00	2402	100.00	2093	100.00	4495	100.00

composition was dominated by the shovelnose guitarfish, *R. productus* (26.0%). No other single species constituted greater than 6.5% of the combined 1998 and 1999 landings. Members of the family Triakidae (i.e., *M. henlei*, *Mustelus* spp., and *Triakis semifasciata* (Girard 1854)) comprised 23.6% of the total combined landings, and were primarily represented by the species complex *Mustelus* spp. (21.1%). Other prominent species included Mexican hornsharks (*Heterodontus mexicanus* (Taylor and Castro-Aguirre 1972), 6.5%), bat rays (*Myliobatis californica* (Gill 1865), 5.6%), and pygmy devil rays (*Mobula munkiana* (Di Sciara 1988), 5.5%).

Spring landings were dominated by shark species, and included a notable percentage of specimens that could not be accurately identified because they were processed at sea (heads and fins removed) (table 3). *Mustelus* spp. represented the largest proportion of landings sampled in 1999 (46.1%, $n = 639$), but were not observed among landings sampled in 1998; *H. mexicanus* (19.1%) and *R. productus* (11.9%) were also commonly observed in the spring 1999 fishery, but were not recorded during spring 1998. Conversely, the Pacific angelshark, *Squatina californica* (Ayres 1859), was the primary species observed in the 1998 landings (41.5%), but was a minor component of the catch in 1999 (5.7%). *Myliobatis californica* (4.9%), banded guitarfish (*Zapteryx exasperata* (Jordan and Gilbert 1880), 2.5%), and butterfly rays (*Gymnura* spp., 3.8%) were also relatively common in the spring 1999 landings.

The most specimens (48.9%) and greatest species diversity were encountered during the summer surveys (table 3). Summer landings were numerically dominated by catches of rays, which totalled 75.6% of the catch in 1998 and 79.4% in 1999. During both 1998 (40.1%) and 1999 (55.8%), *R. productus* was the most frequently landed single species. Sharks constituted 23.4% of the combined summer landings, with only three species accounting for more than 5.0% of the catch in either year. The most commonly observed shark species during 1998, the Pacific sharpnose shark, *Rhizoprionodon longurio* (Jordan and Gilbert 1882) (6.4%), was encountered less often during 1999 (1.1%). Silky sharks, *C. falciformis*, constituted 3.4% of the summer elasmobranch landings in 1998, but were relatively more abundant in 1999 (9.1%). Although minor components of the summer fishery, scalloped (*Sphyrna lewini* (Griffith and Smith 1834)) and smooth (*S. zygaena*) hammerhead sharks were observed most frequently among summer landings.

Shark species were more frequently observed among autumn landings than were rays, comprising 78.4% and 94.9% of the sampled catch in 1998 and 1999, respectively (table 3). Autumn 1998 landings were dominated by pelagic thresher sharks, *A. pelagicus* (25.6%) and *Mustelus* spp. (36.1%). Autumn 1999 catches consisted primarily of the brown smoothhound, *M. henlei* (41.0%), and *S. californica* (28.7%). The most commonly landed ray species during autumn 1998 were *M. californica* (9.4%) and *R. productus* (6.1%), but neither species was recorded in autumn 1999 landings. The mobulid rays *Mobula japonica* (Müller and Henle 1841) and

estuvieron dominadas por la guitarra viola, *R. productus* (26.0%). Ninguna otra especie individual constituyó más del 6.5% de los desembarques combinados de 1998 y 1999. Miembros de la familia Triakidae (i.e., *M. henlei*, *Mustelus* spp. y *Triakis semifasciata* (Girard 1854)) comprendieron 23.6% de los desembarques combinados, representados principalmente por *Mustelus* spp. (21.1%). Otras especies importantes fueron el tiburón cornudo (*Heterodontus mexicanus* (Taylor y Castro-Aguirre 1972), 6.5%), la raya murciélago (*Myliobatis californica* (Gill 1865), 5.6%) y la manta violácea (*Mobula munkiana* (Di Sciara 1988), 5.5%).

En primavera los desembarques estuvieron dominados por especies de tiburones e incluyeron un porcentaje considerable de especímenes que no pudieron ser identificados adecuadamente ya que habían sido procesados a bordo (cabezas y aletas cortadas) (tabla 3). *Mustelus* spp. dominaron los desembarques muestreados en 1999 (46.1%, $n = 639$), pero no figuraron en los de 1998; *H. mexicanus* (19.1%) y *R. productus* (11.9%) también fueron comunes en las capturas de primavera de 1999, pero no se registraron en primavera de 1998. Por lo contrario, el angelote, *Squatina californica* (Ayres 1859), fue la principal especie observada en los desembarques de 1998 (41.5%) pero un componente menor en 1999 (5.7%). *Myliobatis californica* (4.9%), la guitarra rayada (*Zapteryx exasperata* (Jordan y Gilbert 1880), 2.5%) y las rayas mariposas (*Gymnura* spp., 3.8%) también fueron relativamente comunes en los desembarques de primavera de 1999.

La mayoría de los especímenes (48.9%) y la mayor diversidad de especies se registraron en los muestreos de verano (tabla 3). Los desembarques estivales estuvieron dominados numéricamente por las rayas, que constituyeron 75.6% y 79.4% de la captura en 1998 y 1999, respectivamente. Durante 1998 (40.1%), así como en 1999 (55.8%), *R. productus* fue la principal especie individual en los desembarques. Los tiburones constituyeron 23.4% de los desembarques combinados de verano, en los que sólo tres especies representaron más del 5.0% de la captura en ambos años. La especie de tiburón más común en 1998, el cazón picudo, *Rhizoprionodon longurio* (Jordan y Gilbert 1882) (6.4%), resultó menos frecuente en 1999 (1.1%). Los tiburones sedosos, *C. falciformis*, constituyeron 3.4% de los desembarques de elasmobranchios del verano de 1998, pero fueron relativamente más abundantes en 1999 (9.1%). A pesar de ser componentes menores de la pesquería estival, las cornudas o tiburones martillo (*Sphyrna lewini* (Griffith y Smith 1834)) y cruz (*S. zygaena*) fueron más frecuentes en los desembarques de verano.

Las especies de tiburones fueron más comunes que las rayas en los desembarques de otoño, constituyendo 78.4% y 94.9% de las capturas muestreadas en 1998 y 1999, respectivamente (tabla 3). Los desembarques de otoño de 1998 estuvieron dominados por el zorro de mar, *A. pelagicus* (25.6%), y *Mustelus* spp. (36.1%), mientras que los de otoño de 1999 estuvieron dominados por el cazón pardo, *M. henlei* (41.0%), y *S. californica* (28.7%). Las especies de rayas capturadas con mayor frecuencia en el otoño de 1998 fueron *M. californica*

M. munkiana were not observed in autumn 1998 landings, but represented minor constituents of autumn 1999 catches.

Fishing effort was often opportunistic and directed toward multiple species. Teleosts and invertebrates were frequently targeted in conjunction with elasmobranchs or retained as bycatch (table 4). In total, non-elasmobranch species comprised nearly half (46.1%) of the numerical landings from vessels targeting elasmobranchs. Invertebrates comprised a small component of the overall recorded landings and were represented primarily by crabs and molluscs. Among 3610 individual teleosts examined from vessels targeting elasmobranchs, 19 species and 32 additional higher order taxonomic categories (e.g., genus, family) were identified. Another 185 specimens could only be categorized as "unidentified" teleosts. Croakers (Sciaenidae) were the group most commonly retained in association with the elasmobranch fishery, constituting 22.0% of the total number of specimens recorded. Sciaenids were encountered predominantly during the spring 1998 survey. Sierras (*Scomberomorus* spp.) were similarly prevalent in summer catches during 1998, and represented nearly 10% of the individual specimens recorded from all seasons combined. Flatfishes (e.g., *Paralichthys californicus* (Ayers 1859), Pleuronectidae) were commonly landed in bottom set gillnet fisheries targeting elasmobranchs, representing 3.0% of the total individuals enumerated. Two green sea turtles, *Chelonia mydas* (L 1758), taken during spring and summer 1999, were documented among artisanal fishery landings. Discard of bycatch appeared to be uncommon within the artisanal fishery and embryos of larger species (e.g., *C. falciformis*, *S. lewini*) were often filleted and utilized as part of the overall landings.

CPUE

Overall seasonal and taxon-specific CPUE (mean \pm SE) were greatest during the spring, largely because of the frequency of *Mustelus* spp. (27.8 ± 7.7) and *H. mexicanus* (11.5 ± 5.9) among these landings (table 5). CPUE of *S. californica* was also elevated (5.3 ± 2.0) in comparison to other taxa during spring months. In contrast to the spring and autumn seasons, summer CPUE was greatest for rays, but it was dominated by a single species: *R. productus* (13.2 ± 3.6). Catch rates calculated for *R. productus* represented the highest CPUE for a single species in Baja California. Summer CPUE among sharks was ≤ 1.5 for all taxa, though individual CPUE of four ray species (*M. munkiana*, *M. californica*, *R. productus*, and *Rhinoptera steindachneri* (Evermann and Jenkins 1891)) and the butterfly ray group (*Gymnura* spp.) exceeded this amount. Shark species overwhelmingly dominated autumn CPUE, with *Mustelus* spp. (4.9 ± 1.8), *A. pelagicus* (3.7 ± 0.9), and *M. henlei* (2.4 ± 0.8) exhibiting the greatest catch rates. CPUE of sharks and rays differed markedly among seasons. Skate catch rates were considerably less than those of sharks and rays during all seasons, with the highest observed values occurring during the spring (1.3 ± 0.5).

(9.4%) y *R. productus* (6.1%), pero ninguna de ellas se registró durante el otoño de 1999. La manta de espina, *Mobula japonica* (Müller y Henle 1841), y *M. munkiana* no estuvieron presentes en los desembarques de otoño de 1998, pero fueron componentes menores en los de otoño de 1999.

El esfuerzo pesquero fue oportunista y dirigido hacia especies múltiples. Los teleósteos e invertebrados frecuentemente fueron especies objetivo en conjunto con los elasmobranquios o se retuvieron como captura incidental (tabla 4). En total, otras especies aparte de los elasmobranquios constituyeron casi la mitad (46.1%) en número de especímenes de los desembarques de las embarcaciones dedicadas a la pesca de elasmobranquios. Los invertebrados constituyeron una fracción pequeña del total de los desembarques muestreados, y estuvieron representados principalmente por cangrejos y moluscos. Entre los 3610 teleósteos de los desembarques examinados, se identificaron 19 especies y 32 categorías taxonómicas de orden superior (e.g., género, familia). Otros 185 especímenes sólo se pudieron categorizar como teleósteos "no identificados". Los roncadoreos (Sciaenidae) fueron el grupo capturado y retenido con mayor frecuencia en la pesquería de elasmobranquios, constituyendo 22.0% del número total de especímenes registrados y fueron capturados principalmente en la primavera de 1998. Las sierras (*Scomberomorus* spp.) también prevalecieron en las capturas de verano de 1998, y representaron casi 10% de los especímenes individuales registrados en todas las temporadas combinadas. Los peces planos (e.g., *Paralichthys californicus* (Ayers 1859), Pleuronectidae) se capturaron comúnmente en la pesquería de elasmobranquios con redes agalleras de fondo, y representaron 3.0% de los individuos totales. Entre los desembarques de pesca artesanal se documentaron dos tortugas marinas *Chelonia mydas* (L 1758), capturadas en primavera y verano de 1999. Aparentemente no es común el descarte de la captura incidental de la pesquería artesanal y los embriones de las especies más grandes (e.g., *C. falciformis*, *S. lewini*) con frecuencia se filetean y utilizan como parte de los desembarques totales.

CPUE

La CPUE global, estacional y específica a nivel taxón (media \pm EE), fue mayor durante la primavera principalmente por la frecuencia de *Mustelus* spp. (27.8 ± 7.7) y *H. mexicanus* (11.5 ± 5.9) en los desembarques (tabla 5). En primavera también fue alta la CPUE de *S. californica* (5.3 ± 2.0) en comparación con la de otros taxones. En contraste con los meses de primavera y otoño, la CPUE estival fue mayor para las rayas, aunque ésta estuvo dominada por una sola especie: *R. productus* (13.2 ± 3.6). Las tasas de captura calculadas para *R. productus* representaron la mayor CPUE para un sola especie en Baja California. La CPUE de verano para los tiburones fue ≤ 1.5 para todos los taxones, aunque la CPUE individual para cuatro especies de rayas (*M. munkiana*, *M. californica*, *R. productus* y *Rhinoptera steindachneri* (Evermann y Jenkins 1891)) y el grupo de rayas mariposas (*Gymnura* spp.) fue

Table 4. Seasonal, annual, and total catch composition of elasmobranch, teleost, invertebrate, and turtle landings sampled from artisanal vessels that landed elasmobranchs in eastern Baja California during 1998–1999. Vessels sampled include those that were targeting other species but incidentally landed elasmobranchs; n = number of individuals; % = percentage of total landings.

Table 4. Composición estacional, anual y de la captura total de los desembarcos de elasmobranchios, teleosteos, invertebrados y tortugas documentados en la pesquería artesanal dirigida a elasmobranchios en la costa oriental de Baja California durante 1998–1999. Las embarcaciones muestreadas incluyen las que se enfocaban en otras especies pero capturaban elasmobranchios de forma incidental; n = número de individuos; % = porcentaje en los desembarcos.

Higher taxon	Spring			Summer			Autumn			1998			1999			Total		
	1998n	1998%	1999n	1999%	1998n	1998%	1999n	1999%	1998n	1998%	n	%	1999n	1999%	n	%	n	%
Shark																		
<i>Alopias pelagicus</i>					4	0.46	160	20.89	11	4.70	160	2.89	15	0.51	175	2.06		
<i>Alopias superciliosus</i>					1	0.12	2	0.26			2	0.04	1	0.03	3	0.04		
<i>Alopias vulpinus</i>							2	0.26			2	0.04			2	0.02		
<i>Carcharhinidae</i>					97	3.55					97	1.75			97	1.14		
<i>Carcharhinus falciformis</i>					56	2.05	48	5.57			56	1.01	48	1.63	104	1.23		
<i>Carcharhinus limbatus</i>					4	0.15	4	0.46	18	2.35	22	0.40	33	1.12	55	0.65		
<i>Carcharhinus obscurus</i>					1	0.04					1	0.02			1	0.01		
<i>Cephaloscyllium ventriosum</i>			27	1.46					1	0.13	1	0.02	27	0.92	28	0.33		
<i>Heterodontus mexicanus</i>			264	14.28	1	0.04	6	0.70	19	2.48	20	0.36	270	9.17	290	3.42		
<i>Isurus oxyrinchus</i>					3	0.35	1	0.13	1	0.43	1	0.02	4	0.14	5	0.06		
<i>Mustelus henlei</i>							36	4.70	73	31.20	36	0.65	73	2.48	109	1.28		
<i>Mustelus spp.</i>	17	0.83	639	34.56	81	2.96	1	0.12	226	29.50	324	5.85	640	21.74	964	11.36		
<i>Prionace glauca</i>					1	0.12							1	0.03	1	0.01		
<i>Rhizoprionodon longurio</i>					113	4.13	6	0.70	1	0.13	114	2.06	6	0.20	120	1.41		
<i>Sphyrna lewini</i>					8	0.29	11	1.28	8	1.04	16	0.29	11	0.37	27	0.32		
<i>Sphyrna spp.</i>	2	0.10			25	0.91	1	0.12			27	0.49	1	0.03	28	0.33		
<i>Sphyrna zygaena</i>					50	1.83	23	2.67	17	2.22	3	1.28	26	0.88	93	1.10		
<i>Squatina californica</i>	45	2.21	79	4.27					51	21.79	45	0.81	130	4.42	175	2.06		
<i>Triakis semifasciata</i>			2	0.11					1	0.43			3	0.10	3	0.04		
Unidentified	59	2.89									59	1.07			59	0.70		
Subtotal	123	6.04	1011	54.68	436	15.94	109	12.66	491	64.10	1050	18.96	1289	43.78	2339	27.57		
Skate																		
<i>Raja inornata</i>			4	0.22					1	0.13	1	0.02	4	0.14	5	0.06		
<i>Raja velezi</i>			26	1.41					4	0.52	4	0.07	26	0.88	30	0.35		
Subtotal	0	0.00	30	1.62	0	0.00	0	0.00	5	0.65	5	0.09	30	1.02	35	0.41		
Ray																		
<i>Dasyatis dipterygia</i>			17	0.92	9	0.33	10	1.16	1	0.13	10	0.18	27	0.92	37	0.44		
<i>Dasyatis longa</i>					1	0.04	6	0.70			1	0.02	6	0.20	7	0.08		
<i>Dasyatis sp.</i>					1	0.04					1	0.02			1	0.01		

(Continued)

Higher taxon	Spring				Summer				Autumn				1998		1999		Total	
	1998n	1998%	1999n	1999%	1998n	1998%	1999n	1999%	1998n	1998%	1999n	1999%	n	%	n	%	n	%
Lowest possible taxon																		
<i>Gymnura</i> spp.	1	0.05	52	2.81	63	2.30	55	6.39	21	2.74			85	1.53	107	3.63	192	2.26
<i>Mobula japonica</i>					2	0.07	2	0.23			1	0.43	2	0.04	3	0.10	5	0.06
<i>Mobula munkiana</i>					242	8.85					5	2.14	242	4.37	5	0.17	247	2.91
<i>Mobula</i> sp.					1	0.04							1	0.02			1	0.01
<i>Mobula thurstoni</i>					8	0.29	1	0.12					8	0.14	1	0.03	9	0.11
Myliobatidae					6	0.22							6	0.11			6	0.07
<i>Myliobatis californica</i>			68	3.68	95	3.47	28	3.25	59	7.70			154	2.78	96	3.26	250	2.95
<i>Myliobatis longirostris</i>					19	0.69			5	0.65			24	0.43			24	0.28
<i>Myliobatis</i> sp.	1	0.05											1	0.02			1	0.01
<i>Narcine entemedor</i>			4	0.22	3	0.11	1	0.12					3	0.05	5	0.17	8	0.09
<i>Narcine</i> spp.					10	0.37							10	0.18			10	0.12
Rhinobatidae			4	0.22											4	0.14	4	0.05
<i>Rhinobatos glaucostigma</i>	3	0.15											3	0.05			3	0.04
<i>Rhinobatos productus</i>	21	1.03	165	8.92	671	24.53	295	34.26	38	4.96			730	13.18	460	15.63	1190	14.03
<i>Rhinobatos</i> sp.					1	0.04							1	0.02			1	0.01
<i>Rhinoptera steindachneri</i>					133	4.86	22	2.56	6	0.78			139	2.51	22	0.75	161	1.90
<i>Urobatis halleri</i>											1	0.43			1	0.03	1	0.01
<i>Urobatis</i> sp.			1	0.05											1	0.03	1	0.01
<i>Zapieryx exasperata</i>			34	1.84							2	0.85			36	1.22	36	0.42
Subtotal	26	1.28	345	18.66	1265	46.25	420	48.78	130	16.97	9	3.85	1421	25.65	774	26.29	2195	25.88
Batoid																		
Unidentified	1	0.05			1	0.04							2	0.04			2	0.02
Subtotal	1	0.05	0	0.00	1	0.04	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	0.04	0	0.00	2	0.02
Invertebrate																		
Bivalvia							25	2.90							25	0.85	25	0.29
Brachyura											4	1.71			4	0.14	4	0.05
<i>Callinectes</i> spp.					7	0.26	14	1.63					7	0.13	14	0.48	21	0.25
<i>Dosidicus gigas</i>											5	2.14			5	0.17	5	0.06
Gastropoda			20	1.08											20	0.68	20	0.24
<i>Octopus</i> spp.							8	0.93							8	0.27	8	0.09
<i>Panulirus gracilis</i>							2	0.23							2	0.07	2	0.02
<i>Panulirus</i> spp.			7	0.38											7	0.24	7	0.08
Portunidae	1	0.05					17	1.97					1	0.02	17	0.58	18	0.21
<i>Scyllarides astori</i>			1	0.05			2	0.23							3	0.10	3	0.04

(Continued)

Higher taxon	Spring				Summer				Autumn				1998				1999				Total	
	1998		1999		1998		1999		1998		1999		1998		1999		1998		1999		n	
	1998n	1998%	1999n	1999%	1998n	1998%	1999n	1999%	1998n	1998%	1999n	1999%	1998n	1998%	1999n	1999%	1998n	1998%	1999n	1999%	n	%
Teuthoidea					2	0.07							2	0.04			0	0.00			2	0.02
Subtotal	1	0.05	28	1.51	9	0.33	68	7.90	0	0.00	9	3.85	10	0.18	105	3.57	115	1.36				
Teleost																						
<i>Abudefduf</i> sp.							1	0.12									1	0.03			1	0.01
<i>Anchoa</i> sp.							1	0.12									1	0.03			1	0.01
<i>Atractoscion nobilis</i>	14	0.69	1	0.05	8	0.29							22	0.40			1	0.03			23	0.27
<i>Balistes polylepis</i>	2	0.10	5	0.27	7	0.26	20	2.32	4	0.52	1	0.43	13	0.23	26	0.88	39	0.46				
Balistidae					33	1.21	1	0.12	2	0.26			35	0.63	1	0.03	36	0.42				
Bothidae			11	0.59	1	0.04			3	0.39			4	0.07	11	0.37	15	0.18				
Carangidae							2	0.23									2	0.07			2	0.02
<i>Caulolatilus princeps</i>			1	0.05					6	0.78			6	0.11	1	0.03	7	0.08				
<i>Caulolatilus</i> spp.	1	0.05	2	0.11							4	1.71	1	0.02	6	0.20	7	0.08				
<i>Citharichthys</i> sp.			1	0.05											1	0.03	1	0.01				
<i>Coryphaena hippurus</i>					1	0.04	2	0.23					1	0.02	2	0.07	3	0.04				
<i>Cynoscion</i> spp.							2	0.23							2	0.07	2	0.02				
<i>Euthynnus lineatus</i>							1	0.12	51	6.66			51	0.92	1	0.03	52	0.61				
Gerreidae	30	1.47	12	0.65	31	1.13	35	4.07	43	5.61	8	3.42	104	1.88	55	1.87	159	1.87				
<i>Girella</i> spp.			3	0.16											3	0.10	3	0.04				
Haemulidae							1	0.12							1	0.03	1	0.01				
<i>Haemulon sexfasciatum</i>							9	1.05							9	0.31	9	0.11				
<i>Istiophorus platypterus</i>							3	0.35	1	0.13			1	0.02	3	0.10	4	0.05				
<i>Kathetostoma avarruncus</i>							1	0.12							1	0.03	1	0.01				
Lutjanidae	5	0.27	5	0.27	5	0.18	7	0.81			3	1.28	5	0.09	15	0.51	20	0.24				
<i>Merluccius</i> sp.	1	0.05													1	0.03	1	0.01				
Mugilidae					1	0.04							1	0.02			1	0.01				
<i>Mycteroperca rosacea</i>					2	0.07	1	0.12					2	0.04	1	0.03	3	0.04				
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	1	0.05			6	0.22	33	3.83					7	0.13	33	1.12	40	0.47				
<i>Paralabrax</i> spp.	1	0.05	30	1.62	5	0.18			1	0.13	1	0.43	7	0.13	31	1.05	38	0.45				
<i>Paralichthys californicus</i>			10	0.54											10	0.34	10	0.12				
<i>Paralichthys</i> spp.			92	4.98			37	4.30			10	4.27			139	4.72	139	1.64				
Pleuronectidae			59	3.19					2	0.26			2	0.04	59	2.00	61	0.72				
Pleuronectiformes	21	1.03			9	0.33							30	0.54			30	0.35				
<i>Pleuronichthys</i> sp.							1	0.12							1	0.03	1	0.01				
<i>Sarda chiliensis</i>									5	0.65			5	0.09			5	0.06				
Scorpaenidae							3	0.35							3	0.10	3	0.04				

(Continued)

Higher taxon Lowest possible taxon	Spring			Summer			Autumn			1998		1999		Total			
	1998n	1998%	1999n	1998n	1998%	1999n	1998n	1998%	1999n	n	%	n	%	n	%		
	1998n	1998%	1999n	1998n	1998%	1999n	1998n	1998%	1999n	n	%	n	%	n	%		
Sciaenidae	1815	89.06	2	0.11	33	1.21	15	1.74		1848	33.36	17	0.58	1865	21.99		
<i>Scomber japonicus</i>						62	7.20					62	2.11	62	0.73		
<i>Scomber</i> spp.					40	1.46				40	0.72			40	0.47		
<i>Scomberomorus</i> spp.					832	30.42				832	15.02			832	9.81		
Scombridae									2	0.26	5	2.14	0.04	5	0.17	7	0.08
<i>Scorpaena mystes</i>			5	0.27										5	0.17	5	0.06
<i>Scorpaena</i> spp.			7	0.38			1	0.12						8	0.27	8	0.09
Scorpaenidae	1	0.05	2	0.11	1	0.04	1	0.12	18	2.35	20	0.36	3	0.10	23	0.27	
<i>Scorpaenodes xyris</i>						6	0.70		1	0.13	1	0.02	6	0.20	7	0.08	
<i>Semicossyphus pulcher</i>	1	0.05							1	0.13	2	0.04		2	0.02		
<i>Seriola</i> spp.														15	6.41	15	0.18
Serranidae					2	0.07	2	0.23		2	0.04	2	0.07	4	0.05		
<i>Sphoeroides annulatus</i>						1	0.12					1	0.03	1	0.01		
<i>Sphyraena argentea</i>						3	0.35					3	0.10	3	0.04		
<i>Synodus</i> spp.						5	0.58					5	0.17	5	0.06		
Tetraodontidae					1	0.04						1	0.02			1	0.01
<i>Trachinotus paitensis</i>							5	0.58						5	0.17	5	0.06
<i>Trachinotus</i> spp.					5	0.18	1	0.12				5	0.09	1	0.03	6	0.07
Unidentified			184	9.95	1	0.04						1	0.02	184	6.25	185	2.18
Uranoscopidae			1	0.05								1	0.03	1	0.01		
Subtotal	1887	92.59	434	23.47	1024	37.44	263	30.55	140	18.28	47	20.09	744	25.27	3795	44.74	
Turtle																	
<i>Chelonia mydas</i>			1	0.05			1	0.12						2	0.07	2	0.02
Subtotal	0	0.00	1	0.05	0	0.00	1	0.12	0	0.00	0	0.00	2	0.07	2	0.02	
Total	2038	100.00	1849	100.00	2735	100.00	861	100.00	766	100.00	234	100.00	2944	100.00	8483	100.00	

Table 5. Seasonal catch per unit effort (CPUE) and standard error (SE) of elasmobranch landings sampled in eastern Baja California during 1998–1999.
Tabla 5. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) y error estándar (SE) de los desembarques de elasmobranchios muestreados en la costa oriental del estado de Baja California durante 1998–1999.

Higher taxon	Lowest possible taxon	Spring (<i>n</i> = 23)		Summer (<i>n</i> = 73)		Autumn (<i>n</i> = 46)	
		CPUE	SE	CPUE	SE	CPUE	SE
Shark	<i>Alopias pelagicus</i>			0.05	0.03	3.72	0.90
	<i>Alopias superciliosus</i>			0.01	0.01	0.04	0.03
	<i>Alopias vulpinus</i>					0.04	0.03
	Carcharhinidae			1.33	0.73		
	<i>Carcharhinus falciformis</i>			1.42	0.42		
	<i>Carcharhinus limbatus</i>			0.07	0.06	1.02	0.27
	<i>Carcharhinus obscurus</i>			0.01	–		
	<i>Cephaloscyllium ventriosum</i>	1.17	0.75			0.02	–
	<i>Heterodontus mexicanus</i>	11.48	5.86	0.10	0.07	0.41	0.21
	<i>Isurus oxyrinchus</i>			0.04	0.03	0.04	0.03
	<i>Mustelus henlei</i>					2.37	0.77
	<i>Mustelus</i> spp.	27.78	7.73	1.12	0.88	4.91	1.79
	<i>Prionace glauca</i>			0.01	–		
	<i>Rhizoprionodon longurio</i>			1.55	0.79	0.02	–
	<i>Sphyrna lewini</i>			0.18	0.07	0.17	0.13
	<i>Sphyrna</i> spp.			0.27	0.14		
	<i>Sphyrna zygaena</i>			0.88	0.30	0.43	0.15
	<i>Squatina californica</i>	5.35	1.96			1.11	0.79
	<i>Triakis semifasciata</i>	0.09	0.06			0.02	–
	Unidentified	2.57	–				
	Subtotal	48.43	9.64	7.05	1.72	14.35	2.64
Skate	<i>Raja inornata</i>	0.17	0.14			0.02	–
	<i>Raja velezi</i>	1.13	0.45			0.09	0.05
	Subtotal	1.30	0.48	0.00	–	0.07	0.06
Ray	<i>Dasyatis dipterura</i>	0.74	0.45	0.26	0.09	0.02	–
	<i>Dasyatis longa</i>			0.08	–		
	<i>Dasyatis</i> sp.			0.01	–		
	<i>Gymnura</i> spp.	2.30	0.74	1.62	0.35	0.46	0.25
	<i>Mobula japonica</i>			0.05	0.03	0.02	–
	<i>Mobula munkiana</i>			3.32	1.55	0.11	
	<i>Mobula</i> sp.			0.01	–		
	<i>Mobula thurstoni</i>			0.12	0.07		
	Myliobatidae			0.08	–		
	<i>Myliobatis californica</i>	2.96	1.27	1.68	1.13	1.28	0.74
	<i>Myliobatis longirostris</i>			0.26	0.23	0.11	0.06
	<i>Myliobatis</i> sp.	0.04	–				
	<i>Narcine entemedor</i>	0.17	0.14	0.05	0.03		
	<i>Narcine</i> spp.			0.14	0.10		
	Rhinobatidae	0.17	–				
	<i>Rhinobatos productus</i>	7.17	2.79	13.22	3.60	0.83	0.36
	<i>Rhinobatos</i> sp.			0.01	–		
	<i>Rhinoptera steindachneri</i>			2.12	0.79	0.13	–

(Continued)

Higher taxon	Lowest possible taxon	Spring (<i>n</i> = 23)		Summer (<i>n</i> = 73)		Autumn (<i>n</i> = 46)	
		CPUE	SE	CPUE	SE	CPUE	SE
	<i>Urobatis halleri</i>					0.02	–
	<i>Urobatis</i> sp.	0.04	–				
	<i>Zapteryx exasperata</i>	1.48	0.56			0.04	0.03
	Subtotal	15.09	3.89	23.05	5.64	3.02	1.18
Batoid	Unidentified	0.04	–	0.01	–		
	Subtotal	0.04	–	0.01	–	0.00	–

Size and sex composition

Female and male *A. pelagicus* averaged 134.3 ± 8.3 cm and 130.4 ± 8.6 cm precaudal length (PCL), respectively (fig. 2a). Specimens ranged from 109 to 162 cm PCL. A significant difference was detected between the mean PCL of females and males ($t = 2.47$, $P = 0.015$); however, females comprised nearly 73% of the total 143 *A. pelagicus* examined, resulting in a sex ratio that differed significantly from the expected ratio of 1:1 ($\chi^2_{0.05,1} = 28.643$, $P < 0.001$).

Of the 82 *C. falciformis* measured from eastern Baja California landings, 54 were female (fig. 2b). Specimens ranged from 155 to 245 cm stretched total length (TL), with females occupying the largest size classes (≥ 220 cm TL) and exhibiting greater mean sizes (198.2 ± 17.1 cm TL) than males (183.5 ± 16.6 cm TL). The mean TL of females differed significantly from that of males ($t = 1.99$, $P < 0.001$). The proportion of sexes differed significantly from a 1:1 ratio ($\chi^2_{0.05,1} = 7.622$, $P = 0.006$).

Female and male *H. mexicanus* averaged 70.6 ± 6.7 cm TL and 60.1 ± 9.9 cm TL, respectively (fig. 2c). A total of 83 individuals ranging from 43 to 90 cm TL were documented. Although only two males >70 cm TL were observed, these individuals represented the largest *H. mexicanus* examined. A significant difference was detected in the size composition of females and males within the sampled landings ($U = 1421.50$, $P < 0.001$). The number of females ($n = 49$) and males ($n = 34$) did not differ significantly from a predicted sex ratio of 1:1 ($\chi^2_{0.05,1} = 2.361$, $P = 0.137$).

Female *R. longurio* comprised the largest and smallest individuals recorded for this species, ranging from 30 to 120 cm TL among a total of 96 specimens (fig. 2d); however, the average sizes of females (89.7 ± 19.9 cm TL) and males (86.9 ± 19.0 cm TL) were similar within the landings ($t = 0.773$, $P = 0.441$). The proportion of females and males within the landings was also similar and did not deviate significantly from a 1:1 ratio ($\chi^2_{0.05,1} = 0.510$, $P = 0.484$).

With the exception of a single male *S. zygaena* that measured 248 cm TL, the size composition of the 38 females (108.8 ± 40.2 cm TL) and 34 males (112.6 ± 42.1 cm TL)

mayor. Las especies de tiburones dominaron notablemente la CPUE de otoño, con las mayores tasas de captura para *Mustelus* spp. (4.9 ± 1.8), *A. pelagicus* (3.7 ± 0.9) y *M. henleii* (2.4 ± 0.8). La CPUE para tiburones y rayas difirió notablemente entre temporadas. Las tasas de captura de las mantas fueron considerablemente menores que las de los tiburones y las rayas en todas las estaciones, con los mayores valores registrados en primavera (1.3 ± 0.5).

Composición de tallas y sexos

Las hembras y los machos de *A. pelagicus* presentaron una longitud precaudal (LPC) media de 134.3 ± 8.3 cm y 130.4 ± 8.6 cm, respectivamente (fig. 2a). Los especímenes variaron entre 109 y 162 cm LPC. Se observó una diferencia significativa entre la LPC media de hembras y machos ($t = 2.47$, $P = 0.015$); sin embargo, las hembras constituyeron casi 73% del total de 143 especímenes de *A. pelagicus* examinados, dando una proporción de sexos que difirió significativamente de la razón 1:1 esperada ($\chi^2_{0.05,1} = 28.643$, $P < 0.001$).

De los 82 *C. falciformis* medidos de los desembarques de Baja California oriental, 54 fueron hembras (fig. 2b). Los especímenes variaron de 155 a 245 cm de longitud total (LT) estirada, con las hembras en las mayores clases de talla (≥ 220 cm LT) y con mayores tallas medias (198.2 ± 17.1 cm LT) que los machos (183.5 ± 16.6 cm LT). La LT media de las hembras resultó significativamente diferente que la de los machos ($t = 1.99$, $P < 0.001$). La proporción de sexos difirió significativamente de la razón 1:1 ($\chi^2_{0.05,1} = 7.622$, $P = 0.006$).

Las hembras y los machos de *H. mexicanus* promediaron 70.6 ± 6.7 cm LT y 60.1 ± 9.9 cm LT, respectivamente (fig. 2c). Se documentaron un total de 83 individuos, que oscilaron entre 43 y 90 cm LT. Aunque sólo se observaron dos machos >70 cm LT, éstos resultaron ser los especímenes más grandes de *H. mexicanus* examinados. Se observó una diferencia significativa en la composición de tallas de hembras y machos entre los desembarques muestreados ($U = 1421.50$, $P < 0.001$). El número de hembras ($n = 49$) y machos ($n = 34$) no difirió significativamente de la razón de sexos esperada de 1:1 ($\chi^2_{0.05,1} = 2.361$, $P = 0.137$).

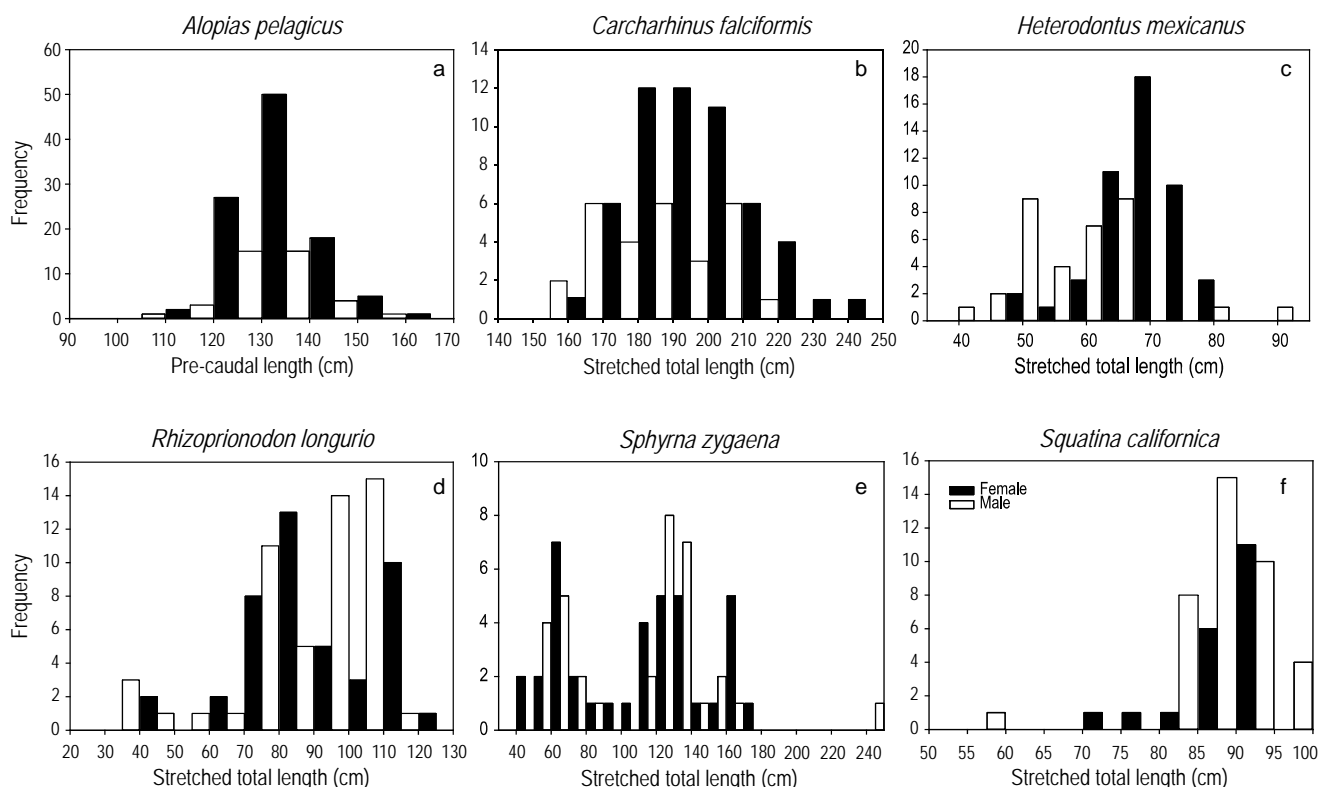


Figure 2. Size and sex compositions of sharks sampled from artisanal fishery landings on the east coast of Baja California during 1998–1999. Females depicted by black, males by white. Only species with >50 specimens measured were included: (a) female ($n = 104$) and male ($n = 39$) pelagic thresher sharks, *Alopias pelagicus*; (b) female ($n = 54$) and male ($n = 28$) silky sharks, *Carcharhinus falciformis*; (c) female ($n = 49$) and male ($n = 34$) Mexican horn sharks, *Heterodontus mexicanus*; (d) female ($n = 44$) and male ($n = 52$) Pacific sharpnose sharks, *Rhizoprionodon longurio*; (e) female ($n = 38$) and male ($n = 34$) smooth hammerheads, *Sphyrna zygaena*; and (f) female ($n = 20$) and male ($n = 38$) Pacific angel sharks, *Squatina californica*.

Figura 2. Composición de tallas y de sexos de los tiburones examinados en los desembarques de la pesquería artesanal en la costa oriental de Baja California durante 1998–1999. Las barras negras corresponden a hembras y las blancas a machos. Solo se incluyen especies de las que se midieron >50 especímenes: (a) hembras ($n = 104$) y machos ($n = 39$) de *Alopias pelagicus*, (b) hembras ($n = 54$) y machos ($n = 28$) de *Carcharhinus falciformis*, (c) hembras ($n = 49$) y machos ($n = 34$) de *Heterodontus mexicanus*, (d) hembras ($n = 44$) y machos ($n = 52$) de *Rhizoprionodon longurio*, (e) hembras ($n = 38$) y machos ($n = 34$) de *Sphyrna zygaena*, y (f) hembras ($n = 20$) y machos ($n = 38$) de *Squatina californica*.

measured was similar (fig. 2e). The observed size distribution was bimodal with peaks occurring at 60–70 cm and 120–140 cm TL. Mean TLs of females and males were equivalent within the landings ($t = -0.397$, $P = 0.693$). The smallest specimen measured was a female of 46 cm TL. The observed sex ratio did not differ significantly from 1:1 ($\chi^2_{0.05,1} = 0.125$, $P = 0.734$).

The size composition of female and male *S. californica* was similar, averaging 88.4 ± 5.5 cm TL and 87.8 ± 6.9 cm TL, respectively (fig. 2f). Specimens ranged from 55 to 97 cm TL, with males representing the smallest and largest specimens. Observed differences between the mean TLs of females and males were determined to differ significantly ($t = 0.33$, $P = 0.744$). Males ($n = 38$) were also more commonly observed than females, resulting in a sex ratio that differed significantly from the expected ratio of 1:1 ($\chi^2_{0.05,1} = 4.983$, $P = 0.026$).

Female and male *M. munkiana* observed among fishery landings were of similar sizes, averaging 67.6 ± 3.9 cm and

Las hembras de *R. longurio* resultaron ser los individuos más grandes así como más pequeños registrados para esta especie, con una variación de 30 a 120 cm LT entre un total de 96 especímenes (fig. 2d); sin embargo, la talla media de las hembras (89.7 ± 19.9 cm LT) y la de los machos (86.9 ± 19.0 cm LT) fueron similares entre los desembarques ($t = 0.773$, $P = 0.441$). La proporción de hembras y machos en los desembarques también fue similar y no difirió significativamente de la razón 1:1 ($\chi^2_{0.05,1} = 0.510$, $P = 0.484$).

Con excepción de un solo macho de *S. zygaena* que midió 248 cm LT, la composición de tallas de las 38 hembras (108.8 ± 40.2 cm LT) y 34 machos (112.6 ± 42.1 cm LT) medidos fue similar (fig. 2e). La distribución de tallas observada fue bimodal con picos a los 60–70 cm y 120–140 cm LT. Las LTs medias de hembras y machos fueron equivalentes entre los desembarques ($t = -0.397$, $P = 0.693$). El espécimen más pequeño medido fue una hembra de 46 cm LT. La razón de sexos no difirió significativamente de 1:1 ($\chi^2_{0.05,1} = 0.125$, $P = 0.734$).

67.8 ± 4.3 cm disc width (DW), respectively (fig. 3a). Of the 81 specimens examined, DW ranged from 54 to 77 cm with the majority of specimens occupying size classes >59 cm DW. Mean DWs and the proportion of sexes did not differ significantly between females and males ($t = -0.239$, $P = 0.811$; $\chi^2_{0.05,1} = 0.049$, $P = 0.842$).

A total of 101 *M. californica* were directly examined from the eastern Baja California artisanal fishery landings, measuring 45–102 cm DW (fig. 3b). Females comprised the largest size classes and were of larger mean sizes (69.7 ± 13.2 cm DW) than males (61.7 ± 6.5 cm DW). Nonparametric analysis indicated significant differences between the sizes of females and males within the landings ($U = 1479.00$, $P = 0.001$). Males were recorded more frequently in catches and the total number of females ($n = 29$) and males ($n = 72$) revealed a significant departure from a predicted 1:1 sex ratio ($\chi^2_{0.05,1} = 17.465$, $P < 0.001$).

The size composition of the most common species in the fishery, *R. productus*, ranged from 44 to 99 cm TL (fig. 3c). Females averaged 76.3 ± 7.7 cm TL and males 63.7 ± 5.7 cm TL. Most specimens exceeded 70 cm TL. A significant difference was found between the average TLs of females and males within the landings ($t = 15.13$, $P < 0.001$). Landings were dominated by female *R. productus*, as indicated by a sex ratio that differed significantly from 1:1 ($\chi^2_{0.05,1} = 164.917$, $P < 0.001$).

Female and male *R. steindachneri* ranged from 57 to 90 cm DW (fig. 3d). The size of females (78.5 ± 6.5 cm) was significantly greater than that of males (73.9 ± 4.0 cm) within the sampled landings ($U = 1449.50$, $P < 0.001$); however, males were more prevalent, representing 57 of the 91 specimens measured. The observed sex ratio differed significantly from 1:1 ($\chi^2_{0.05,1} = 5.319$, $P = 0.022$).

Reproductive status

Although information of the reproductive condition and maturity status of landed specimens was not routinely collected, opportunistic sampling generated useful information on the reproductive condition from a subset of these landings on the east coast of Baja California (table 6). Gravid *S. californica*, *A. pelagicus*, *Mustelus* spp., *C. falciformis*, and *R. productus* were recorded. Neonates (especialmente carcharínid and sphyrnínid sharks) were observed exclusively during the summer fishery; however, juveniles of many species were a prevalent component of the artisanal landings.

Discussion

Fishery characteristics

Temporal variations in targets and fishing locations were common and reflected a combination of the highly opportunistic nature of the elasmobranch fishery in the east coast of the state of Baja California and changing oceanographic

La composición de tallas de las hembras y los machos de *S. californica* fue similar, promediando 88.4 ± 5.5 cm LT y 87.8 ± 6.9 cm LT, respectivamente (fig. 2f). Los especímenes variaron de 55 a 97 cm LT, y los individuos más grandes y los más pequeños fueron machos. Se observaron diferencias significativas entre las LTs medias de hembras y machos ($t = 0.33$, $P = 0.744$). Los machos ($n = 38$) se observaron con mayor frecuencia que las hembras, y la razón de sexos difirió significativamente de 1:1 ($\chi^2_{0.05,1} = 4.983$, $P = 0.026$).

Las tallas de hembras y machos de *M. munkiana* en los desembarques fueron similares, presentando un ancho de disco (AD) medio de 67.6 ± 3.9 cm y 67.8 ± 4.3 cm, respectivamente (fig. 3a). Entre los 81 especímenes examinados el AD varió de 54 a 77 cm, con la mayoría en clases de tallas >59 cm AD. Los ADs medios y la proporción de sexos no difirieron significativamente entre hembras y machos ($t = -0.239$, $P = 0.811$; $\chi^2_{0.05,1} = 0.049$, $P = 0.842$).

Se examinaron un total de 101 especímenes de *M. californica* en los desembarques de la pesca artesanal de Baja California oriental, los cuales midieron de 45 a 102 cm AD (fig. 3b). Las hembras ocuparon las mayores clases de talla y presentaron mayores tallas medias (69.7 ± 13.2 cm AD) que los machos (61.7 ± 6.5 cm AD). El análisis no paramétrico indicó diferencias significativas entre las tallas de hembras y machos ($U = 1479.00$, $P = 0.001$). Los machos se registraron con mayor frecuencia, y el número total de hembras ($n = 29$) y machos ($n = 72$) se desvió significativamente de la razón de sexos esperada de 1:1 ($\chi^2_{0.05,1} = 17.465$, $P < 0.001$).

La composición de tallas de la especie más común en la pesquería, *R. productus*, varió de 44 a 99 cm LT (fig. 3c). Las hembras promediaron 76.3 ± 7.7 cm LT y los machos 63.7 ± 5.7 cm LT. La mayoría de los especímenes midieron más de 70 cm LT. Se observó una diferencia significativa entre las LTs medias de hembras y machos en los desembarques ($t = 15.13$, $P < 0.001$). Los desembarques estuvieron dominados por hembras de *R. productus*, como lo indicó la razón de sexos que difirió significativamente de 1:1 ($\chi^2_{0.05,1} = 164.917$, $P < 0.001$).

Las hembras y los machos de *R. steindachneri* oscilaron entre 57 y 90 cm AD (fig. 3d). La talla de las hembras (78.5 ± 6.5 cm) fue significativamente mayor que la de los machos (73.9 ± 4.0 cm) en los desembarques ($U = 1449.50$, $P < 0.001$); sin embargo, prevalecieron los machos, que fueron 57 de los 91 especímenes medidos. La razón de sexos difirió significativamente de 1:1 ($\chi^2_{0.05,1} = 5.319$, $P = 0.022$).

Estado reproductivo

A pesar de que no fue posible recabar información sobre la condición reproductiva y el estado de madurez de los especímenes capturados de forma rutinaria, el muestreo oportunista proporcionó datos útiles sobre la condición reproductiva de una submuestra de los desembarques de la pesca artesanal en la costa oriental de Baja California (tabla 6). Se observaron hembras grávidas de *S. californica*, *A. pelagicus*, *Mustelus*

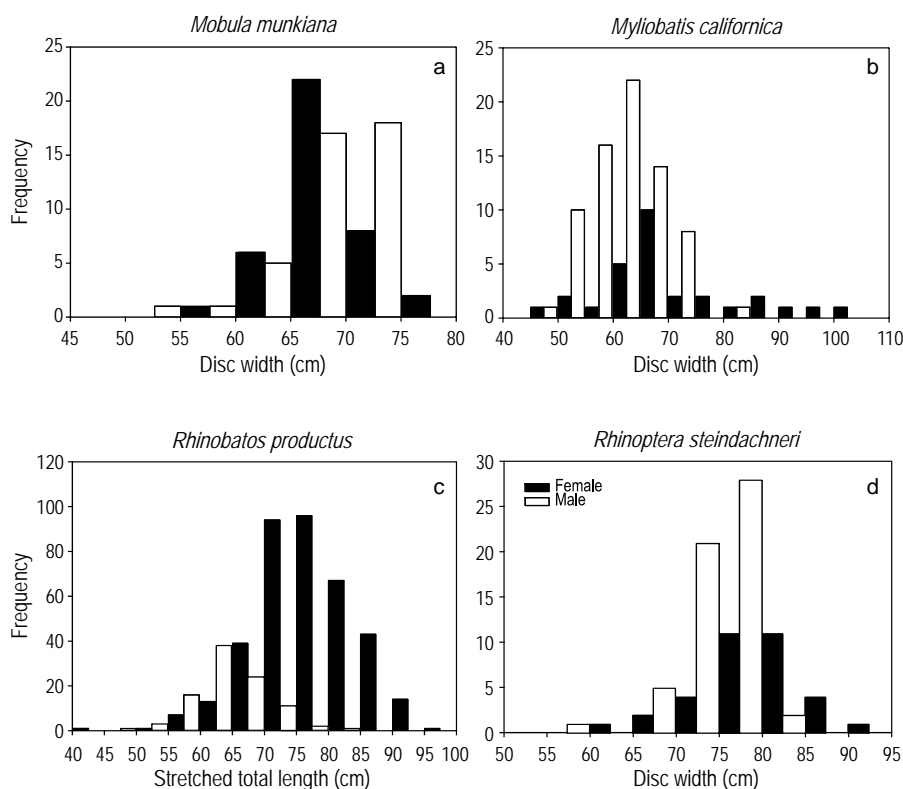


Figure 3. Size and sex compositions of rays sampled from artisanal fishery landings on the east coast of Baja California during 1998–1999. Females depicted by black, males by white. Only species with >50 specimens measured were included: (a) female ($n = 39$) and male ($n = 42$) pygmy devil rays, *Mobula munkiana*; (b) female ($n = 29$) and male ($n = 72$) bat rays, *Myliobatis californica*; (c) female ($n = 376$) and male ($n = 96$) shovelnose guitarfish, *Rhinobatos productus*; and (d) female ($n = 34$) and male ($n = 57$) golden cownose rays, *Rhinoptera steindachneri*.

Figura 3. Composición de tallas y de sexos de las rayas examinadas en los desembarques de la pesquería artesanal en la costa oriental de Baja California durante 1998–1999. Las barras negras corresponden a hembras y las blancas a machos. Sólo se incluyen especies de las que se midieron >50 especímenes: (a) hembras ($n = 39$) y machos ($n = 42$) de *Mobula munkiana*, (b) hembras ($n = 29$) y machos ($n = 72$) de *Myliobatis californica*, (c) hembras ($n = 376$) y machos ($n = 96$) de *Rhinobatos productus*, y (d) hembras ($n = 34$) y machos ($n = 57$) de *Rhinoptera steindachneri*.

conditions. Multi-species targets were typical of this fishery. Targets differed seasonally, but generally remained similar between years with the following exceptions: (1) teleosts (e.g., serranids, gerreids, pleuronectids) were the primary targets during spring 1998, whereas demersal elasmobranchs were primary targets during spring 1999, and (2) large sharks were fished until November 1998, whereas in 1999 the directed fishery for large sharks was only active during the summer. Most fishermen targeted whatever locally abundant fauna could be landed with their gear (mainly gillnets) in shallow shelf waters. These targets frequently included aggregations of gravid female and young of the year sharks and rays (e.g., *C. falciformis*, *R. productus*; table 6).

Increases in the abundance and residence time of large sharks near the Midriff Islands as a result of oceanographic conditions during the 1997–1998 El Niño, resulted in greater localized fishing effort directed toward these species. Fishermen from the southernmost Mexican state of Chiapas as well as Baja California Sur traveled north to target large sharks in the central and northern GC during the summer and autumn.

spp., *C. falciformis* y *R. productus*. Sólo se observaron neonatos (especialmente de tiburones de las familias Carcharhinidae y Sphyrnidae) en el verano, pero en los desembarques prevalecieron los juveniles de varias especies.

Discusión

Características pesqueras

En la pesquería de elasmobranchios de la costa oriental del estado de Baja California fue común la variación temporal de especies objetivo y sitios de pesca, lo que reflejó una combinación de la naturaleza altamente oportunista de esta pesquería, típicamente multispecífica, y de las cambiantes condiciones oceanográficas. Las especies objetivo difirieron estacionalmente, pero en general fueron similares entre años con las siguientes excepciones: (1) los teleósteos (e.g., serránidos, gérridos, pleuronéctidos) fueron el principal objetivo en los campos del sur del estado durante la primavera de 1998, mientras que los elasmobranchios demersales lo fueron en la

This northward movement of fishermen was most evident in 1998, coinciding with anomalously high sea surface temperatures ($\sim 3^{\circ}\text{C}$) in the northern GC (Lavín *et al.* 2003). Similarly, increased abundance of jumbo squid, *Dosidicus gigas* (D'Orbigny 1835), the following summer in association with La Niña conditions generated increased fishing effort for this species from many artisanal fishermen who typically targeted sharks (Markaida 2006).

In addition to directed catch in the coastal artisanal fishery, elasmobranchs were observed to be taken as bycatch in industrial trawl fisheries operating out of San Felipe. Deep-water (30–281 m) trawl fisheries for hake (*Merluccius* spp.) incidentally capture and land substantial numbers of mustelid sharks (*Mustelus* spp.), skates (*Raja* spp.), and other chondrichthyans, likely representing a considerable source of mortality for these taxa (García-Caudillo *et al.* 2000, Castillo-Géniz *et al.* 2007). Small demersal sharks and rays are also taken as bycatch in shrimp and sciaenid trawl fisheries in the northern GC. Rays,

primavera de 1999, y (2) los grandes tiburones se capturaron hasta noviembre en 1998, mientras que en 1999 la pesquería dirigida a estos tiburones sólo operó en el verano. La mayoría de los pescadores se enfocaron en capturar cualquier fauna local abundante que pudieran capturar sus artes de pesca (principalmente redes agalleras) en aguas someras de la plataforma continental. Estas especies objetivo frecuentemente incluían grupos de hembras grávidas, y tiburones y rayas juvenes pertenecientes a la cohorte anual (e.g., *C. falciformis*, *R. productus*; tabla 6).

El incremento en la abundancia y tiempo de residencia de los grandes tiburones cerca de la región de las grandes islas del GC como consecuencia de las condiciones oceanográficas durante El Niño 1997–1998, resultó en un mayor esfuerzo localizado dirigido a estas especies. Pescadores de Chiapas, el estado más sureño de México, y de Baja California Sur se trasladaron hacia el norte para capturar grandes tiburones en la parte central y norte del GC durante el verano y el otoño. Esta

Table 6. Elasmobranch species documented as neonates, juveniles, or gravid females in the artisanal fishery landings on the east coast of Baja California by season: Spr. = spring, Sum. = summer, and Aut. = autumn. Surveys were not conducted during the winter months.

Tabla 6. Especies de elasmobranchios documentados como neonatos, juveniles o hembras grávidas en los desembarques de la pesquería artesanal en la costa oriental de Baja California por estación del año: Spr. = primavera, Sum. = verano y Aut. = otoño. No se realizaron muestreos durante los meses de invierno.

Family	Lowest possible taxon	Neonate			Juvenile			Gravid		
		Spr.	Sum.	Aut.	Spr.	Sum.	Aut.	Spr.	Sum.	Aut.
Squatinaidae	<i>Squatina californica</i>				X		X	X		X
Heterodontidae	<i>Heterodontus mexicanus</i>				X	X	X			
Alopiidae	<i>Alopias pelagicus</i>						X			X
Lamnidae	<i>Isurus oxyrinchus</i>					X	X			
Scyliorhinidae	<i>Cephaloscyllium ventriosum</i>				X					
Triakidae	<i>Mustelus</i> spp.			X	X	X	X	X		
	<i>Mustelus henlei</i>						X			
	<i>Triakis semifasciata</i>						X			
Carcharhinidae	<i>Carcharhinus falciformis</i>					X			X	
	<i>Carcharhinus limbatus</i>		X			X	X			
	<i>Carcharhinus obscurus</i>		X			X				
	<i>Rhizoprionodon longurio</i>		X			X	X			
Sphyrnidae	<i>Sphyrna lewini</i>		X			X	X			
	<i>Sphyrna zygaena</i>		X			X	X			
Rhinobatidae	<i>Rhinobatos productus</i>				X	X	X		X	
	<i>Zapteryx exasperata</i>				X					
Rajidae	<i>Raja velezi</i>				X					
Dasyatidae	<i>Dasyatis dipterura</i>				X					
Gymnuridae	<i>Gymnura</i> spp.				X					
Myliobatidae	<i>Myliobatis californica</i>				X	X	X			
Rhinopterae	<i>Rhinoptera steindachneri</i>					X				
Mobulidae	<i>Mobula</i> spp.									
	<i>Mobula japanica</i>					X				
	<i>Mobula munkiana</i>					X	X			

in particular, are common components of bycatch in the extensive shrimp fishery throughout the GC (Fitch and Schultz 1978, Flores *et al.* 1995, García-Caudillo *et al.* 2000). Mortality levels resulting from bycatch are estimated to exceed those of the directed fishery (Márquez-Farías 2002).

Field efforts were conducted from spring to autumn of both survey years, and results were assumed to be largely representative of the amount and allocation of elasmobranch fishing effort at the time of surveys. Based on anecdotal evidence, artisanal fishermen in the northern part of the state generally fished sciaenids during winter months, but also targeted mustelids in relatively deep (>50 m) water. Small, demersal elasmobranchs (i.e., *Mustelus* spp., *S. californica*) were also targeted in the southern camps surveyed during the winter, but the extent and activities of fishing operations are unknown. The greatest numbers of active pangas observed in eastern Baja California were reported during autumn months from camps associated with the San Felipe sciaenid fishery. Directed artisanal elasmobranch fishing effort was, however, minimal from this location.

Reported elasmobranch landings from both coasts of Baja California comprised 14.1% of the national production during 2003 and averaged 12.7% of the national production during 1998–2003. Sharks, especially those greater than 1.5 m STL, comprised the great majority of reported landings, with rays contributing an average of 14.9% by weight during this period (CONAPESCA 2003, unpub. data). Because of the remote locations of many artisanal fishing camps and itinerant nature of a portion of the artisanal fleet, it is likely that artisanal elasmobranch landings are underestimated, perhaps considerably, by federal landing records. The numerical dominance of rays among the summer landings and prevalence of smaller-bodied sharks such as *Mustelus* spp. may indicate that these groups are more heavily impacted than suggested by official catch statistics.

Catch composition and CPUE

Pronounced seasonal and interannual differences were evident among the species composition and CPUE of the eastern Baja California artisanal elasmobranch fishery (table 3). Because fishermen were highly opportunistic, the composition of landings may have reflected local relative abundance of these species. During the spring, a mixture of temperate and subtropical fauna (e.g., *H. mexicanus*, *Mustelus* spp., *M. californica*, *R. productus*) was prevalent among landings. During autumn 1999, however, landings were dominated by sharks with temperate and subtropical distributions (e.g., *M. henlei*, *S. californica*). Several tropically distributed species (e.g., *A. pelagicus*, *R. longurio*, *M. munkiana*) that were important fishery targets in summer and/or autumn 1998 were scarce during those seasons in 1999. These interannual differences may be accounted for by the highly variable interannual oceanographic conditions recorded during the survey period (Schwing *et al.* 2002). Seasonal peaks in abundance may have been associated

migración de pescadores hacia el norte fue más evidente en 1998, coincidiendo con las temperaturas superficiales del mar anómalamente altas en el norte del GC (~3°C) (Lavín *et al.* 2003). Asimismo, el aumento en la abundancia del calamar gigante, *Dosidicus gigas* (D'Orbigny 1835), el siguiente verano, asociado a las condiciones generadas por La Niña, resultó en un incremento en el esfuerzo pesquero dirigido a esta especie por parte de muchos pescadores artesanales que normalmente capturan tiburón (Markaida 2006).

Además de la captura dirigida sobre elasmobranquios en la pesquería artesanal costera, éstos también se observaron en la captura incidental de las pesquerías industriales de arrastre que operan desde San Felipe. Las pesquerías de arrastre de merluza (*Merluccius* spp.) de aguas profundas (30–281 m) capturan de forma incidental y desembarcan un número sustancial de tiburones mustélidos (*Mustelus* spp.), mantas (*Raja* spp.) y otros condriictios (Chondrichthyes), lo que probablemente representa una considerable fuente de mortandad para estos taxones (García-Caudillo *et al.* 2000, Castillo-Géniz *et al.* 2007). También se capturan incidentalmente pequeños tiburones y rayas demersales en las pesquerías de arrastre de camarón y de sciánidos en el norte del GC. En particular, las rayas son un componente incidental común en la extensa pesquería de camarón a lo largo del GC (Fitch y Schultz 1978, Flores *et al.* 1995, García-Caudillo *et al.* 2000). Se estima que los niveles de mortandad causada por la captura incidental exceden los causados por la pesquería dirigida (Márquez-Farías 2002).

Los muestreos de campo se realizaron de primavera a otoño en ambos años de estudio, y se supone que los resultados son representativos de la cantidad y distribución del esfuerzo pesquero sobre elasmobranquios en el momento de los muestreos. Con base en evidencia anecdótica, los pescadores artesanales de la parte norte del estado generalmente pescan sciánidos durante los meses de invierno, pero también pescan mustélidos en aguas relativamente profundas (>50 m). También se capturan elasmobranquios demersales pequeños (i.e., *Mustelus* spp., *S. californica*) en los campos muestreados en el sur del estado durante el invierno, pero se desconoce en qué grado y cuáles son las actividades pesqueras. El mayor número de pangas en la costa oriental de Baja California se observó durante los meses de otoño en los campos asociados con la pesquería de sciánidos de San Felipe; sin embargo, el esfuerzo pesquero dirigido a elasmobranquios en esta localidad fue mínimo.

Los desembarques de elasmobranquios en ambas costas de Baja California constituyeron 14.1% de la producción nacional en 2003 y promediaron 12.7% de tal producción durante 1998–2003. Los tiburones, especialmente los grandes, constituyeron la gran mayoría de los desembarques registrados, y las rayas contribuyeron un promedio de 14.9% en peso durante ese periodo (CONAPESCA 2003, datos no publicados). Considerando la remota localización de muchos campos de pesca artesanal y la naturaleza itinerante de parte de la flota artesanal, es probable que los desembarques artesanales de elasmobranquios hayan sido subestimados, quizá considerablemente, en los registros federales. La dominancia numérica de

with feeding or reproductive aggregations. For example, catch rates of *R. productus* were found to be greatest during the summer (table 5), the period in which reproductive aggregations are known to occur (Márquez-Farías 2007).

Brusca *et al.* (2005) documented the occurrence of 58 elasmobranch species in the northern GC. Of these, at least 32 were recorded in the eastern Baja California artisanal fishery landings during this study. Although deep-water species, such as catsharks (e.g., *Apristurus* spp., *Parmaturus xaniurus* (Gilbert 1892)), were not anticipated to be encountered within the artisanal fishery landings, a number of species that were previously recorded from the GC were conspicuously absent or uncommon within the sampled landings. These species include spiny dogfish (*Squalus acanthias* (L 1758)), tope (*Galeorhinus galeus* (L 1758)), narrowtooth shark (*Carcharhinus brachyurus* (Günther 1870)), scalloped bonnethead (*Sphyrna corona* (Springer 1940)), scoophead (*S. media* (Springer 1940)), great hammerhead (*S. mokarran* (Rüppell 1837)), and bonnethead (*S. tiburo* (L 1758)). Although possibly restricted to the upper GC (Walker 1960), leopard sharks (*T. semifasciata*) were previously reported as commercial targets by Applegate *et al.* (1993) but were rarely recorded among landings in Baja California or Sonora (Bizzarro *et al.* 2009). In contrast, it had been suggested that *Alopias vulpinus* (Bonnaterre 1758) does not occur in the GC (Robertson and Allen 2002); however, two individuals of this species were observed among autumn landings. Changing oceanographic conditions may have influenced the distribution and abundance of these species within the GC, though the absence of several previously documented species among artisanal fishery landings may indicate marked declines of these populations.

Size and sex composition

Landings of sharks were comprised of a full size range of relatively small species (e.g., *Mustelus* spp., *R. longurio*, *S. californica*) and, with the exception of *S. zygaena*, primarily adult size classes of large shark species (e.g., *A. pelagicus*, *C. falciformis*). As indicated by the bimodal size frequency distribution of *S. zygaena* among the sampled landings (fig. 2e), juvenile smooth hammerhead sharks comprised a seasonally important component of the elasmobranch bottom set gillnet landings, whereas adults were largely derived from surface set drift gillnet fishing effort. Young-of-the-year and juvenile *S. lewini* have similarly been found to comprise a principal component of artisanal fishery landings throughout the Mexican Pacific (Madrid-Vera *et al.* 1997, Pérez-Jiménez *et al.* 2005).

Landings of the most abundant ray species in the eastern Baja California fishery, *R. productus*, were dominated by large, gravid females. The capture of female *R. productus* as they immigrate to shallow coastal and insular waters is a common practice among Mexican artisanal fishermen (Salazar-Hermoso and Villavicencio-Garayzar 1999, Márquez-Farías 2007). Conversely, landings of two other rays, *M. californica* and *M. munkiana*, consisted largely of smaller, immature specimens. A

las rayas en los desembarques de verano y la prevalencia de tiburones más pequeños como *Mustelus* spp. pueden indicar que estos grupos están sujetos a un mayor impacto del que sugieren las estadísticas oficiales de captura.

Composición de la captura y CPUE

Se observaron pronunciadas diferencias temporales e interanuales entre la composición de especies y la CPUE de la pesquería artesanal de elasmobranquios de la costa oriental de Baja California (tabla 3). Considerando que los pescadores son altamente oportunistas, la composición de los desembarques podría reflejar una abundancia local relativa de estas especies. Durante la primavera los desembarques mostraron una prevalencia de una mezcla de fauna templada y subtropical (e.g., *H. mexicanus*, *Mustelus* spp., *M. californica*, *R. productus*); sin embargo, en el otoño de 1999 los desembarques estuvieron dominados por tiburones de regiones templadas y subtropicales (e.g., *M. henlei*, *S. californica*). Varias especies de distribución tropical (e.g., *A. pelagicus*, *R. longurio*, *M. munkiana*) que fueron objetivos importantes en el verano y/o el otoño de 1998 fueron escasos durante tales estaciones en 1999. Estas diferencias interanuales pueden ser explicadas por las condiciones oceanográficas altamente variables registradas durante el periodo de muestreo (Schwing *et al.* 2002). Los picos temporales en abundancia se pueden relacionar con agregaciones reproductivas o de alimentación. Por ejemplo, las tasas de captura de *R. productus* resultaron ser mayores durante el verano (tabla 5), que es cuando ocurren las agregaciones reproductivas (Márquez-Farías 2007).

Brusca *et al.* (2005) documentaron la presencia de 58 especies de elasmobranquios en el norte del GC. De éstos, durante este estudio se registraron al menos 32 en los desembarques de la pesquería artesanal de Baja California oriental. Aunque no se esperaba encontrar especies de aguas profundas, como los pejegatos (e.g., *Apristurus* spp., *Parmaturus xaniurus* (Gilbert 1892)), en los desembarques de la pesquería artesanal se habían registrado para el GC varias especies que estuvieron notoriamente ausentes o no fueron comunes en las capturas muestreadas. Estas especies incluyen el galludo (*Squalus acanthias* (L 1758)), el cazón aceitero (*Galeorhinus galeus* (L 1758)), el tiburón cobrizo (*Carcharhinus brachyurus* (Günther 1870)), la cornuda coronada (*Sphyrna corona* (Springer 1940)), la cornuda cuchara (*S. media* (Springer 1940)), la cornuda gigante (*S. mokarran* (Rüppell 1837)) y la cornuda tiburo (*S. tiburo* (L 1758)). Aunque posiblemente restringido al alto GC (Walker 1960), se había mencionado al tiburón leopardo (*T. semifasciata*) como un objetivo comercial (Applegate *et al.* 1993), pero rara vez se ha registrado entre los desembarques de Baja California o Sonora (Bizzarro *et al.* 2009). En contraste, se había sugerido que *Alopias vulpinus* (Bonnaterre 1758) no se encuentra en el GC (Robertson y Allen 2002), pero se observaron dos individuos de esta especie en los desembarques de otoño. Un cambio en las condiciones oceanográficas podría haber influenciado la distribución y

new maximum size record of 97 cm DW was obtained for a female *M. longirostris* Applegate and Fitch 1964. The dominant gear type used in the fishery, gillnets, is highly selective and may produce landings that do not reflect the size composition of the population (Carlson and Cortés 2003, Márquez-Farías 2005). However, myliobatiform rays that possess stinging spines (e.g., *Dasyatis dipterura*, *M. californica*) may be highly vulnerable to the gear throughout their size range because capture results primarily from entanglement with the stinging spine rather than over the head as observed among elongate elasmobranchs.

Segregation by sex, size, or habitat is a common characteristic of elasmobranch behavior (Springer 1967, Klimley 1987, Sims 2005). On the east coast of Baja California, female *R. productus* were significantly more abundant than males within the artisanal landings. The same pattern was observed within the artisanal fishery landings of Sonora for *R. productus* and the congener, *Rhinobatus glaucostigma* (Jordan and Gilbert 1884) (Márquez-Farías 2007, Bizzarro *et al.* 2009). Female *A. pelagicus* and *C. falciformis* also comprised a greater proportion of the sampled catches than did males. In contrast, numbers of male *R. steindachneri*, *S. californica*, and *M. californica* were significantly greater than females among sampled landings.

Although information of the reproductive condition and maturity of landed specimens was not routinely collected, opportunistic sampling generated useful information on the maturity status from a subset of these landings. Gravid females were reported most frequently from spring and summer landings. Female *Mustelus* spp., *M. henlei*, *R. productus*, *Narcine entemedor* (Jordan and Starks 1895), and *Gymnura* spp. were noted to possess embryos in some stage of development during all seasons. Neonate carcharhinid (e.g., *Carcharhinus limbatus* (Valenciennes 1839), *C. obscurus*) and sphyrnid (e.g., *S. zygaena*) sharks were only observed during summer surveys. This suggests that mature females of many species, including *R. longurio* and *S. zygaena*, landed in the late spring and early summer were likely carrying near-term embryos. *Mustelus* spp. neonates were only observed during the autumn fishery in the northern GC. The presence of both neonate and gravid females in spring and summer landings indicates that fishing efforts occur in pupping or primary nursery areas (e.g., Simpfendorfer and Milward 1993, Heupel *et al.* 2007). The prevalence of juveniles throughout the year and frequency of smaller size classes of several shark species, in particular, within landings further suggests that considerable artisanal fishing effort may be opportunistically directed on pupping grounds or nursery areas.

Management considerations

Successful management of elasmobranch fisheries is complicated by the general lack of fishery information and life history characteristics of this *k*-selected group of fishes (Musick 1999). Conservation of these populations is further confounded

abundancia de estas especies en el GC, aunque la ausencia de varias especies documentadas anteriormente entre los desembarques de la pesquería artesanal podría indicar una reducción de sus poblaciones.

Composición de tallas y sexos

Los desembarques de tiburones consistieron de una gran gama de especies relativamente pequeñas (e.g., *Mustelus* spp., *R. longurio*, *S. californica*) y, con excepción de *S. zygaena*, principalmente de clases de talla adultas de especies de tiburones grandes (e.g., *A. pelagicus*, *C. falciformis*). Como lo indica la distribución bimodal de la frecuencia de talla de *S. zygaena* entre los desembarques muestreados (fig. 2e), los juveniles de esta especie representaron un componente temporal importante en las capturas de redes agalleras de fondo, mientras que los adultos se capturaron principalmente con redes agalleras de superficie a la deriva. De forma similar, los juveniles pertenecientes a la cohorte anual y otros juveniles mayores de *S. lewini* constituyen un componente principal de los desembarques de las pesquerías artesanales a lo largo del Pacífico mexicano (Madrid-Vera *et al.* 1997, Peréz-Jiménez *et al.* 2005).

Los desembarques de *R. productus*, la especie de raya más abundante en la pesquería de Baja California oriental, estuvieron dominados por hembras grávidas. Es común que los pescadores artesanales mexicanos capturen hembras de *R. productus* cuando éstas migran hacia aguas costeras e insulares someras (Salazar-Hermoso y Villavicencio-Garayzar 1999, Márquez-Farías 2007). En contraste, los desembarques de otras dos rayas, *M. californica* y *M. munkiana*, consistieron principalmente de especímenes más pequeños e inmaduros. Se obtuvo un nuevo registro de talla de 97 cm AD para una hembra de *M. longirostris* Applegate y Fitch 1964. El principal arte de pesca empleado en la pesquería, la red agallera, es altamente selectivo y puede producir desembarques que no reflejen la composición de tallas de la población (Carlson y Cortés 2003, Márquez-Farías 2005). No obstante, las rayas miliobatiformes, que tienen espinas que pican (e.g., *Dasyatis dipterura*, *M. californica*), pueden ser muy vulnerables a estas redes en todo su intervalo de tallas ya que la captura resulta primordialmente del enmalle de la espina, a diferencia de los elasmobranquios alargados que quedan atrapados por la cabeza.

Entre los elasmobranquios es común la segregación por sexo, talla o hábitat (Springer 1967, Klimley 1987, Sims 2005). En la costa oriental de Baja California las hembras de *R. productus* fueron significativamente más abundantes en los desembarques artesanales que los machos. Se observó el mismo patrón en los desembarques de *R. productus* y la guitarra punteada, *Rhinobatus glaucostigma* (Jordan y Gilbert 1884), en Sonora (Márquez-Farías 2007, Bizzarro *et al.* 2009). Las hembras de *A. pelagicus* y *C. falciformis* también estuvieron presentes en mayor proporción que los machos en las capturas muestreadas. En contraste, el número de machos de *R. steindachneri*, *S. californica* y *M. californica* en los desembarques fue significativamente mayor que el de hembras.

by the delayed responses in the implementation of fishery restrictions, typically resulting in the implementation of management strategies following the overexploitation of targeted elasmobranch populations (Holden 1974, Stevens *et al.* 2000). The enactment of Official Mexican Standard NOM-029-PESC-2006 in May 2007 represented a critical, positive advancement for the management and conservation of elasmobranch populations in Mexico (DOF 2007). This legislation includes such features as species-specific protection, reductions in gear dimensions, area closures, seasonal closures, and expanded catch and effort reporting. Nevertheless, given the decades of largely unrestricted exploitation of elasmobranchs in Mexican waters, population declines and shifts in size structure are likely to have occurred among those species with the lowest fecundity and latest ages at maturity (Stevens *et al.* 2000). Interviews with artisanal fishermen spanning three generations indicated that the older generation (≥ 55 years of age) believed that striking declines of tiger sharks (*Galeocerdo cuvier* (Peron and Lesueur 1822)), bull sharks (*Carcharhinus leucas* (Valenciennes 1839)), *Sphyrna* spp., and *C. limbatus*, as well as large groupers (Serranidae) and snappers (Lutjanidae) had occurred during their life time (Sáenz-Arroyo *et al.* 2005). The abundance of large shark species in general appears to have declined and further measures to rebuild these stocks should be implemented.

Species-specific protection for the white shark (*Carcharodon carcharias* (L 1758)), basking shark (*Cetorhinus maximus* (Gunnerus 1765)), whale shark (*Rhincodon typus* (Smith 1828)), and mobulid rays (*Manta birostris* (Walbaum 1792), *Mobula* spp.) was mandated under NOM-029-PESC-2006. Although these species would benefit from this protection, they do not represent the only elasmobranchs for which species-specific protection may be necessary and may not reflect those that are in the most urgent need of regulation. Given the poor baseline data and limited fisheries information for most elasmobranchs from the GC, it is difficult to identify and rank conservation priorities without excluding potentially imperiled species. Additional species of concern include those with restricted ranges in the GC (e.g., *T. semifasciata*, *Z. exasperata*) and those historically reported to be more common in the GC than suggested by recent surveys (e.g., *G. cuvier*, *Ginglymostoma cirratum* (Bonnaterre 1788), *C. brachyurus*, *C. leucas*, *S. corona*, *S. mokarran*, *S. tiburo*) (Applegate *et al.* 1993, Compagno and Welton 2003).

A rapid assessment and evaluation of risk should be conducted for elasmobranch species occurring within the GC. Such an assessment, as presented by Stobutzki *et al.* (2002), is amenable and adaptable to species for which minimal life history information is available. Using this approach, the relative sustainability of a species can be ranked on the basis of susceptibility and recovery potential based on selected biological and ecological criteria (Stobutzki *et al.* 2002, Walker 2004). This method allows researchers to broadly identify vulnerable species, highlights gaps in life history information, and serves to

A pesar de que no se recabó de forma rutinaria información del estado reproductivo y de madurez de los especímenes capturados, los muestreos oportunistas proporcionaron datos útiles a partir de una submuestra de los desembarques. Las hembras grávidas fueron más frecuentes en los desembarques de primavera y verano. Durante todas las estaciones se encontraron hembras de *Mustelus* spp., *M. henlei*, *R. productus*, *Narcine entemedor* (Jordan y Starks 1895) y *Gymnura* spp. que presentaban embriones en alguna etapa de desarrollo. Sólo se observaron neonatos de tiburones de las familias Carcharhinidae (e.g., *Carcharhinus limbatus* (Valenciennes 1839), *C. obscurus*) y Sphyrnidae (e.g., *S. zygaena*) durante los muestreos de verano. Esto sugiere que las hembras maduras de varias especies, incluyendo *R. longurio* y *S. zygaena*, que se capturaron a fines de primavera y principios de verano probablemente cargaban embriones cerca de completar su gestación. Sólo se observaron neonatos de *Mustelus* spp. durante los muestreos de otoño en el norte del GC. La presencia de neonatos, así como de hembras grávidas, en los desembarques de primavera y verano indica que se está ejerciendo esfuerzo pesquero sobre zonas de reproducción y de primera crianza (e.g., Simpfendorfer y Milward 1993, Heupel *et al.* 2007). La importante presencia de juveniles a lo largo del año y la frecuencia de clases de tallas más pequeñas de varias especies de tiburón en los desembarques, sugiere que mucho del esfuerzo pesquero artesanal se dirige de manera oportunista a las zonas de reproducción y de crianza.

Consideraciones de manejo

El manejo exitoso de las pesquerías de elasmobranchios se complica por la falta de información general sobre estas pesquerías y sobre las características del ciclo de vida de este grupo de peces seleccionado por *k* (Musick 1999). La conservación de sus poblaciones se complica aún más por las respuestas tardías en la implementación de restricciones a la pesca, lo que típicamente resulta en la implementación de estrategias de manejo posteriores a la sobreexplotación de las poblaciones objetivo de elasmobranchios (Holden 1974, Stevens *et al.* 2000). La aprobación de la Norma Oficial Mexicana NOM-029-PESC-2006 en mayo de 2007 representó un avance crítico y positivo en el manejo y conservación de las poblaciones de elasmobranchios en México (DOF 2007). Esta legislación incluye aspectos como la protección de especies específicas, reducciones en las dimensiones de las artes de pesca, zonas vedadas a la pesca, épocas de veda y el registro de datos más detallados sobre captura y esfuerzo. No obstante, dadas las décadas de explotación casi irrestrictas de los elasmobranchios en aguas mexicanas, es muy probable que ya se hayan dado reducciones en las poblaciones y cambios en la estructura de tallas entre las especies con menor fecundidad y mayor edad de madurez (Stevens *et al.* 2000). Entrevistas con pescadores artesanales de tres generaciones indican que la generación más antigua (≥ 55 años de edad) piensa que durante su vida ha ocurrido una reducción considerable de la tinterera

direct research, education, and management efforts. We recommend that a concerted, coordinated effort be conducted to complete these, or similar, evaluations in the immediate future.

Sharks and rays aggregating for reproductive purposes (e.g., courtship, pupping) were frequent targets of artisanal fishing efforts (e.g., *C. falciformis*, *R. productus*). Fishing effort directed toward pupping areas enhances the probability of removing gravid females before they are able to reproduce and increases the mortality rates of young of the year and juveniles, dramatically accelerating overexploitation (Kokko *et al.* 2001, Smith *et al.* 2008). Applegate *et al.* (1993) highlighted the need to delineate nursery grounds and identify special areas of congregation as an essential step for the successful management of elasmobranch populations in Mexico. In the years since this need was reported, very little related work has been completed and details on nursery grounds and special areas of congregation remain largely unknown for Mexican elasmobranch populations. This information is equally deficient but essential for the sustainable management of expanding batoid fisheries. Such efforts may be particularly effective for species that demonstrate high levels of nursery ground fidelity, returning annually to the same areas to give birth (Keeney *et al.* 2003).

Species-specific monitoring of shark catches, delineation of nursery grounds, and recognition of special areas of congregation have been identified as critical but largely undeveloped measures for effective shark management in Mexico (Applegate *et al.* 1993). This essential information remains largely unavailable for Mexican shark populations, as well as the expanding batoid fisheries. Surveys of catch composition, such as those presented in this study, provide a practical approach for simultaneously addressing these critical directives.

Acknowledgements

We thank L Castillo-Géniz, R Hueter, E Jones, F Márquez-Farías, J Neer, A Torrés, J Tyminski, and C Villavicencio-Garayzar for field and technical assistance. S Oates reviewed an early draft of this report and provided many helpful comments and suggestions. We greatly appreciate the patience and cooperation of artisanal fishermen throughout Baja California for providing access to their landings and information about their fishing activities. In addition to the generous support of the David and Lucile Packard Foundation, funding for this project was also provided by the National Fish and Wildlife Foundation, Homeland Foundation, JiJi Foundation, California Sea Grant College System, PADI Project AWARE, World Wildlife Fund, Christensen Fund, Moss Landing Marine Laboratories, Mote Marine Laboratory, Mexico's National Fisheries Institute (INP), Autonomous University of Baja California Sur, and National Oceanic and Atmospheric Administration/National Marine Fisheries Service (to the National Shark Research Consortium).

(*Galeocerdo cuvier* (Peron y Lesueur 1822)), el tiburón chato (*Carcharhinus leucas* (Valenciennes 1839)), *Sphyrna* spp. y *C. limbatus*, así como de especies de las familias Serranidae y Lutjanidae (Sáenz-Arroyo *et al.* 2005). La abundancia de especies de grandes tiburones en general parece haber mermado y es necesario implementar medidas adicionales para la recuperación de estas poblaciones.

En la NOM-029-PESC-2006 se ordena la protección del tiburón blanco (*Carcharodon carcharias* (L 1758)), el peregrino (*Cetorhinus maximus* (Gunnerus 1765)), el tiburón ballena (*Rhincodon typus* (Smith 1828)) y las rayas mobúlidas (*Manta birostris* (Walbaum 1792), *Mobula* spp.). Aunque estas especies se vean beneficiadas por la protección de esta norma, ellas no son las únicas especies de elasmobranchios que requieren de protección específica y puede que no sean las que más necesitan regularse de manera urgente. Dadas las limitaciones de los datos básicos y la poca información pesquera sobre la mayoría de los elasmobranchios del GC, es difícil identificar y clasificar las prioridades de conservación sin excluir las especies que potencialmente están en peligro. Otras especies dignas de preocupación incluyen aquellas cuyas distribuciones están restringidas en el GC (e.g., *T. semifasciata*, *Z. exasperata*) y las que históricamente han registrado ser más comunes en el GC de lo que sugieren los estudios recientes (e.g., *G. cuvier*, *Ginglymostoma cirratum* (Bonnaterre 1788), *C. brachyurus*, *C. leucas*, *S. corona*, *S. mokarran*, *S. tiburo*) (Applegate *et al.* 1993, Compagno y Welton 2003).

Sería recomendable realizar una evaluación rápida y de riesgo de las especies de elasmobranchios presentes en el GC. Tal evaluación, como lo indica Stobutzki *et al.* (2002), es factible y adaptable para especies de cuyo ciclo de vida existe poca información. Con este enfoque es posible categorizar la sustentabilidad relativa de cada especie de acuerdo con su susceptibilidad y potencial recuperación, con base en criterios biológicos y ecológicos (Stobutzki *et al.* 2002, Walker 2004). Este método permite a los investigadores identificar especies vulnerables, enfatiza los vacíos de información sobre ciclos de vida y sirve para enfocar los esfuerzos de investigación, educación y manejo. Recomendamos que se lleve a cabo un esfuerzo combinado y coordinado para completar estas evaluaciones u otras similares en un futuro inmediato.

Los tiburones y las rayas que se agrupan para propósitos reproductivos (e.g., cortejo, reproducción) resultaron ser objetivos frecuentes de la pesquería artesanal (e.g., *C. falciformis*, *R. productus*). El esfuerzo de pesca dirigido a las zonas de reproducción aumenta la probabilidad de capturar hembras grávidas antes de que puedan reproducirse e incrementa las tasas de mortandad de los juveniles de la cohorte anual y otros juveniles mayores, acelerando drásticamente su sobreexplotación (Kokko *et al.* 2001, Smith *et al.* 2008). Applegate *et al.* (1993) enfatizaron la necesidad de delinear las zonas de crianza e identificar zonas especiales de agregación como un paso esencial para el manejo adecuado de las poblaciones de elasmobranchios en México. Desde que se evidenció esta necesidad, se han realizado pocos trabajos en este sentido y aún se

References

- Applegate SP, Soltelo-Macias F, Espinosa-Arrubarrena L. 1993. An overview of Mexican shark fisheries, with suggestions for shark conservation in Mexico. In: Branstetter S (ed.), *Conservation Biology of Sharks*. NOAA Tech. Rep. NMFS 115, pp. 31–37.
- Arreguín-Sánchez F, Hernández-Herrera A, Ramírez-Rodríguez M, Pérez-España H. 2004. Optimal management scenarios for the artisanal fisheries in the ecosystem of La Paz Bay, Baja California Sur, Mexico. *Ecol. Model.* 172: 373–382.
- Bizzarro JJ, Smith WD, Márquez-Farías JF, Hueter RE. 2007. Artisanal fisheries and reproductive biology of the golden cownose ray, *Rhinoptera steindachneri* Evermann and Jenkins, 1891, in the northern Mexican Pacific. *Fish. Res.* 84: 137–146.
- Bizzarro JJ, Smith WD, Márquez-Farías JF, Hueter RE. 2009. Temporal variation in the composition and characteristics of the artisanal elasmobranch fishery of Sonora, Mexico. *Fish. Res.* 97: 103–117.
- Bonfil R. 1994. Overview of world elasmobranch fisheries. *FAO Fish. Tech. Pap.* 341: 119 pp.
- Brusca RC, Findley LT, Hastings PA, Hendrickx ME, Cosio JT, van der Heiden AM. 2005. Macrofaunal diversity in the Gulf of California. In: Cartron JL, Ceballos G, Felger RS (eds.), *Biodiversity, Ecosystems, and Conservation in Northern Mexico*. Oxford Univ. Press, New York, pp. 179–202.
- Carlson JK, Cortés E. 2003. Gillnet selectivity of small coastal sharks off the southeastern United States. *Fish. Res.* 60: 404–414.
- Castro-Aguirre JL, Antuna-Mendiola A, González-Acosta AF, de la Cruz-Agüero J. 2005. *Mustelus albipinnis* sp. nov. (Chondrichthyes: Carcharhiniformes: Triakidae) de la costa sur-occidental de Baja California Sur, México. *Hidrobiológica* 15: 123–130.
- Castillo-Géniz JL, Márquez-Farías JF, Rodríguez de la Cruz MC, Cortés E, Cid del Prado A. 1998. The Mexican artisanal fishery in the Gulf of Mexico: Towards a regulated fishery. *Mar. Freshwat. Res.* 49: 611–620.
- Castillo-Géniz JL, Sosa-Nishizaki O, Pérez-Jimenez JC. 2007. Morphological variation and sexual dimorphism in the California skate, *Raja inornata* Jordan and Gilbert, 1881 from the Gulf of California, Mexico. *Zootaxa* 1545: 1–16.
- Compagno LJ. 1984. *FAO species catalogue. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 2. Carcharhiniformes*. FAO Fish. Synop. No. 125, Vol. 4, pp. 251–655.
- Compagno LJ, Welton B. 2003. Checklist of Guaymas Chondrichthyes. *Shark Research Center, South Africa Museum. SRC Rep.* 2003–05–14.
- CONAPESCA, Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. 2003. *Anuario Estadístico de Pesca*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), México, 265 pp.
- Cudney-Bueno R, Turk-Boyer P. 1998. *Pescando entre mareas del alto Golfo de California: Una guía sobre la pesca artesanal, la gente y sus propuestas de manejo*. Centro Intercultural de Estudios de Desiertos y Océanos, Puerto Peñasco, Sonora, México, 142 pp.
- DOF, Diario Oficial de la Federación. 2004. Acuerdo mediante el cual se aprueba la actualización de la Carta Nacional Pesquera y su anexo. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, México), 15 de marzo de 2004. Segunda sección, pp. 76–180.
- DOF, Diario Oficial de la Federación. 2007. Norma Oficial Mexicana NOM-029-PESC-2006, Pesca responsable de tiburones y rayas. Especificaciones para su aprovechamiento. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, México), 14 de febrero de 2007. Primera sección, pp. 60–102.
- Enriquez-Andrade R, Anaya-Reyna G, Barrera-Guevara JC, Carvajal-Moreno M, Martínez-Delgado ME, Vaca-Rodríguez J, Valdés-Casillas C. 2005. An analysis of critical areas for biodiversity conservation in the Gulf of California region. *Ocean Coast. Manage.* 48: 31–50.
- Fitch JE, Schultz SA. 1978. Some rare and unusual occurrences of fishes off California and Baja California. *Calif. Fish Game* 64: 74–92.
- desconocen detalles sobre zonas especiales de agregación y crianza de estas poblaciones. Esta información es igual de deficiente para la creciente pesquería de batoideos, pero es igual de esencial para su manejo sustentable. Tales esfuerzos de investigación podrían ser particularmente efectivos en el caso de las especies que muestran altos niveles de lealtad hacia sus zonas de crianza, adonde regresan anualmente para reproducirse (Keeney *et al.* 2003).
- El monitoreo específico de especies en las capturas de tiburones, la determinación de sus zonas de crianza y el reconocimiento de sus áreas especiales de agregación son medidas que se han identificado como críticas, pero que poco se han desarrollado para el manejo adecuado de los tiburones en México (Applegate *et al.* 1993). Aún hace falta mucha de esta información esencial para tanto las poblaciones mexicanas de tiburones como la creciente pesquería de batoideos. Muestreos de la composición de la captura como los que se presentan en este estudio proporcionan un enfoque práctico para resolver estas necesidades críticas.

Agradecimientos

Se agradece a L Castillo-Géniz, R Hueter, E Jones, F Márquez-Farías, J Neer, A Torrès, J Tyminski y C Villavicencio-Garayzar su asistencia técnica y en el campo. S Oates revisó una versión anterior de este trabajo y aportó varios valiosos comentarios y sugerencias. Agradecemos a los pescadores artesanales de Baja California por su paciencia y cooperación al proporcionar información sobre sus desembarques y actividades de pesca. Además del apoyo generoso de la Fundación David y Lucile Packard, este trabajo recibió apoyo financiero del Instituto Nacional de la Pesca (México) y la Universidad Autónoma de Baja California Sur, así como de National Fish and Wildlife Foundation, Homeland Foundation, Jiji Foundation, California Sea Grant College System, PADI Project AWARE, World Wildlife Fund, Christensen Fund, Moss Landing Marine Laboratories, Mote Marine Laboratory, y National Oceanic and Atmospheric Administration/National Marine Fisheries Service (al National Shark Research Consortium).

Traducido al español por Christine Harris.

- Flores JO, Rodríguez M, Shimizu M, Machii T. 1995. Evaluation of demersal fishery resources of the Gulf of California using Mexican shrimp trawlers. *J. Natl. Fish. Univ.* 44: 9–19.
- García-Caudillo JM, Cisneros-Mata MA, Balmori-Ramírez A. 2000. Performance of a bycatch reduction device in the shrimp fishery of the Gulf of California, Mexico. *Biol. Conserv.* 92: 199–205.
- Heupel MR, Carlson JK, Simpfendorfer CA. 2007. Shark nursery areas: Concepts, definition, characterization and assumptions. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 337: 287–297.
- Holden MJ. 1974. Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions. In: Hardin-Jones F (ed.), *Sea Fisheries Research Dynamics*. John Wiley and Sons, London, pp. 117–128.
- Holts DB, Julian A, Sosa-Nishizaki O, Bartoo NW. 1998. Pelagic shark fisheries along the west coast of the United States and Baja California, Mexico. *Fish. Res.* 39: 115–125.
- Keeney DB, Heupel M, Hueter RE, Heist EJ. 2003. Genetic heterogeneity among blacktip shark, *Carcharhinus limbatus*, continental nurseries along the US Atlantic and Gulf of Mexico. *Mar. Biol.* 43: 1039–1046.
- Klimley AP. 1987. The determinants of sexual segregation in the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*. *Env. Biol. Fish.* 18: 27–40.
- Kokko H, Linsdström J, Ranta E. 2001. Life histories and sustainable harvesting. In: Reynolds JD, Mace GM, Redford KH, Robinson JG (eds.), *Conservation of Exploited Species*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, pp. 301–322.
- Lavin MF, Palacios-Hernández E, Cabrera C. 2003. Sea surface temperature anomalies in the Gulf of California. *Geofis. Int.* 42: 363–375.
- Madrid-Vera J, Sánchez P, Ruiz A. 1997. Diversity and abundance of a tropical fishery on the Pacific shelf of Michoacán, Mexico. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 45: 485–495.
- Markaida U. 2006. Food and feeding of jumbo squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California and adjacent waters after the 1997–98 El Niño event. *Fish. Res.* 79: 16–27.
- Márquez-Farías FJ. 2002. The artisanal ray fishery in the Gulf of California: Development, fisheries research, and management issues. *IUCN Shark Specialist Group. Shark News* 14: 1–5.
- Márquez-Farías FJ. 2005. Gillnet mesh selectivity for the shovelnose guitarfish (*Rhinobatos productus*) from fishery-dependent data in the artisanal ray fishery of the Gulf of California, Mexico. *E-journal Northw. Atl. Fish. Sci.* 35, art. 36.
- Márquez-Farías FJ. 2007. Reproductive biology of shovelnose guitarfish (*Rhinobatos productus*) from the eastern Gulf of California, Mexico. *Mar. Biol.* 151: 1445–1454.
- Martin LK, Cailliet GM. 1988. Aspects on the reproduction of the bat ray, *Myliobatis californica*, in central California. *Copeia* 3: 754–762.
- Musick JA. 1999. Ecology and conservation of long-lived marine animals. In: Musick JA (ed.), *Life in the Slow Lane: Ecology and Conservation of Long-lived Marine Animals*. American Fisheries Society Symp. 23. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, pp. 1–10.
- Musick JA, Burgess G, Cailliet G, Camhi M, Fordham S. 2000. Management of sharks and their relatives (Elasmobranchii). *Fisheries* 25: 9–13.
- Pérez-Jiménez JC, Sosa-Nishizaki O, Castillo-Geniz JL. 2005. A new eastern North Pacific smoothhound shark (genus *Mustelus*, family Triakidae) from the Gulf of California. *Copeia* 2005(4): 833–844.
- Pérez-Jiménez JC, Sosa-Nishizaki O, Furlong-Estrada E, Corro-Espinosa D, Venegas-Herrera A, Barragán-Cuencas OV. 2005. Artisanal shark fishery at “Tres Marias” Islands and Isabel Island in the central Mexican Pacific. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.* 35(43).
- Pratt HL Jr. 1979. Reproduction in the blue shark, *Prionace glauca*. *Fish. Bull.* 77: 445–470.
- Robertson DR, Allen GR. 2002. Shore fishes of the tropical eastern Pacific: An Information System. CD-ROM. Smithsonian Tropical Research Institute, Balboa, Panama.
- Rosales-Casián J, González-Camacho JR. 2003. Abundance and importance of fish species from the artisanal fishery on the Pacific coast of northern Baja California. *Bull. South. Calif. Acad. Sci.* 102: 51–65.
- Sáenz-Arroyo A, Roberts CM, Torre J, Cariño-Olvera M, Enriquez-Andrade RR. 2005. Rapidly shifting environmental baselines among fishers of the Gulf of California. *Proc. R. Soc. B* 272: 1957–1962.
- Sala E, Aburto-Oropeza O, Rez M, Paredes G, López-Lemus LG. 2004. Fishing down coastal food webs in the Gulf of California. *Fisheries* 29: 19–25.
- Salazar-Hermoso F, Villavicencio-Garayzar C. 1999. Relative abundance of the shovelnose guitarfish *Rhinobatos productus* (Ayres 1856) (Pisces: Rhinobatidae) in Bahía Almejas, Baja California Sur, from 1991 to 1995. *Cienc. Mar.* 25: 401–422.
- Schwing FB, Murphree T, deWitt L, Green PM. 2002. The evolution of oceanic and atmospheric anomalies in the northeast Pacific during the El Niño and La Niña events of 1995–2001. *Prog. Oceanogr.* 54: 459–491.
- Simpfendorfer CA, Milward NE. 1993. Utilisation of a tropical bay as a nursery area by sharks of the families Carcharhinidae and Sphyrnidae. *Environ. Biol. Fish.* 37: 337–345.
- Sims DW. 2005. Differences in habitat selection and reproductive strategies of male and female sharks. In: Ruckstuhl KE, Neuhaus P (eds.), *Sexual Segregation in Vertebrates: Ecology of the Two Sexes*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, pp. 127–147.
- Smith WD, Bizzarro JJ, Richards VP, Nielsen J, Márquez-Farías F, Shivji MS. Morphometric convergence and molecular divergence: The taxonomic status and evolutionary history of *Gymnura crebripunctata* (Peters 1869) and *G. marmorata* (Cooper 1864) in the eastern Pacific Ocean. *J. Fish. Biol.* (in press).
- Smith WD, Cailliet GM, Cortés E. 2008. Demography and elasticity of the diamond stingray, *Dasyatis dipterura*: Parameter uncertainty and resilience to fishing pressure. *Mar. Freshwat. Res.* 59: 575–586.
- Springer S. 1967. Social organization of shark populations. In: Gilbert PW, Mathewson RF, Rall DP (eds.), *Sharks, Skates, and Rays*. Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore, Maryland, pp. 149–174.
- Stevens JD, Bonfil R, Dulvy NK, Walker PA. 2000. The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (Chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES J. Mar. Sci.* 57: 476–494.
- Stobutzki LC, Miller MJ, Heales DS, Brewer DT. 2002. Sustainability of elasmobranchs caught as bycatch in a tropical prawn (shrimp) fishery. *Fish. Bull.* 100: 800–821.
- Walker BW. 1960. The distribution and affinities of the marine fish fauna of the Gulf of California. *Syst. Zool.* 9: 123–133.
- Walker TI. 2004. Management measures. In: Musick JA, Bonfil R (eds.), *Elasmobranch Fisheries. Management Techniques*. APEC Secretariat, Singapore, APEC #203-FS-03.2, pp. 285–322.
- Zar JH. 1996. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, New Jersey, 662 pp.

Recibido en enero de 2009;
aceptado en mayo de 2009.