

Efecto de la pesca artesanal de camarón sobre la ictiofauna en el sistema lagunar de Santa María la Reforma, suroeste del Golfo de California

Effect of the artisanal shrimp fishery on the ichthyofauna in the coastal lagoon of Santa María la Reforma, southeastern Gulf of California

F Amezcua^{1*}, J Madrid-Vera², H Aguirre-Villaseñor²

¹ Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, Unidad Mazatlán, Av. Joel Montes Camarena s/n, CP 82040 Mazatlán, Sinaloa, México. * E-mail: famezcua@ola.icmyl.unam.mx

² Instituto Nacional de la Pesca. Centro Regional de Investigación Pesquera, Mazatlán, Av. Sábalo Cerritos s/n, CP 82010 Mazatlán, Sinaloa, México

Resumen

Se evaluó el impacto de la pesca artesanal de camarón sobre la fauna de peces en el sistema lagunar de Santa María la Reforma. Para ello, se muestrearon diariamente, durante cinco días, 29 estaciones a lo largo del sistema lagunar, con los artes de pesca utilizados en el área de estudio para capturar camarón, que fueron la red de arrastre, la red agallera y la red suripera. Los muestreos fueron mensuales de diciembre de 2001 a mayo de 2002. Se recolectaron un total de 11,368 organismos correspondientes a 173 especies. Las especies más importantes en cuanto a abundancia y biomasa incluyeron organismos de interés comercial tales como *Eucinostomus entomelas*, *Sphoeroides annulatus*, *Urotrygon chilensis* y *Diapterus peruvianus*. La mayor abundancia y biomasa de organismos, de acuerdo con el *bootstrapping* del estimador log normal, fue capturada con la red de arrastre. El promedio de la longitud de los peces capturados fue de 17.4 cm para la red agallera, 15.8 cm para la red de arrastre y 13.4 cm para la suripera. Los artes de pesca que presentaron un mayor impacto sobre la comunidad de peces fueron la red de arrastre y la red agallera, ya que estas dos artes capturaron la mayor abundancia, biomasa y diversidad de peces, entre los que se incluyen una gran cantidad de organismos de tallas pequeñas. Estos dos artes capturaron peces del fondo así como de la columna de agua, además fueron las que presentaron la menor proporción en kg pez:camarón; la red de arrastre capturó una proporción de 6:1, la red agallera capturó una proporción de 15:1, mientras que la red suripera capturó una proporción de 1:1.

Palabras clave: fauna de acompañamiento, pesca artesanal, frecuencia de tallas, estimador log normal, análisis de comunidades.

Abstract

The effect of the artisanal shrimp fishery on the fish fauna in the coastal lagoon of Santa María la Reforma, Mexico, was assessed. Twenty-nine stations were sampled monthly for shrimp and fin fish during six months, from December 2001 to May 2002, using small boats fitted with outboard engines and the three fishing gears employed by shrimp fishermen in the area: small shrimp trawl net, gillnet, and suripera net. Each sampling period lasted five days. In total, 11,368 individuals were caught, comprising 173 fish species. The species best represented in terms of number and biomass included the commercially important species *Eucinostomus entomelas*, *Sphoeroides annulatus*, *Urotrygon chilensis*, and *Diapterus peruvianus*. The highest abundance and biomass, as determined by bootstrapping of the lognormal-based estimator, were caught with the shrimp trawl net. The mean total length of the fish captured was 17.4 cm for the gillnet, 15.8 cm for the shrimp trawl net, and 13.4 cm for the suripera net. The fishing gear that had a greater impact on the fish fauna were the shrimp trawl net and the gillnet, because they caught the greatest number of fish, biomass and diversity, and a large quantity of small individuals. These two fishing gears caught fish fauna from both the bottom and the water column, and showed the lowest fish/shrimp ratio in kilograms. The shrimp trawl net caught a 6:1 ratio, the gillnet a 15:1 ratio, and the suripera net a 1:1 ratio.

Key words: bycatch, artisanal fishery, length frequency, lognormal-based estimator, community analysis.

Introducción

Los descartes de peces no comerciales, de tamaño pequeño o dañados, son una práctica común en muchas pesquerías del mundo. Las pesquerías de camarón pueden capturar hasta 10 kg de peces por uno de camarón (Alverson *et al.* 1994). En la actualidad las pesquerías de camarón son las mayores productoras de fauna de acompañamiento, alcanzando hasta el 35% de las capturas de fauna de acompañamiento a nivel

Introduction

The discard of unmarketable, undersized, or damaged fish is a common practice in most fisheries worldwide, and shrimp fisheries can discard up to 10 kg of fish per 1 kg of shrimp landed (Alverson *et al.* 1994). At present, shrimp fisheries are the single greatest source of bycatch, accounting for 35% of the world's total bycatch (Alverson *et al.* 1994). Because of the high quantity of fish thrown away, it is important to undertake

mundial. Como producto de la gran cantidad de descartes, el estudio y registro de sus datos son importantes para obtener estimados reales, para el cálculo de las capturas y stocks de las especies comerciales, y evaluar los efectos de la pesca sobre las especies no comerciales y el ecosistema. Estos datos son también útiles para evaluar la efectividad de medidas de conservación que ayuden a reducir la mortalidad por pesca, tales como el incremento en el tamaño de la luz de malla o el diseño de áreas marinas protegidas. Por tanto, es necesaria la realización de estudios detallados para analizar todos los posibles componentes de la pesquería, tanto de las especies comerciales como de las no comerciales, así como las diversas prácticas pesqueras (Rochet *et al.* 2002). También es necesario determinar qué especies son parte de la fauna de acompañamiento en un área dada, porque las listas de especies ayudan a definir las áreas protegidas y también ayudan a evaluar los efectos de las actividades humanas sobre el ecosistema (Cushing 1982). Las listas también dan información comparativa para estudios de biodiversidad, que son la base para los estudios de biología en las pesquerías (May 1992).

Practicamente no existen estudios sobre el tema en la parte sur del Golfo de California. Los estudios en el Pacífico norte de México son pocos y comprenden, en su mayoría, listas de especies (Balart *et al.* 1992, Amezcua-Linares 1996, Madrid-Vera *et al.* 1998, Aguilar-Palomino *et al.* 2001), pero ninguno de éstos fue específico para la zona de estudio.

La pesquería de camarón en los estuarios y lagunas de Santa María la Reforma (estado de Sinaloa, costa sureste del Golfo de California), es una de las actividades económicas más importantes en la región. De acuerdo con el Instituto Nacional de la Pesca, los desembarques de camarón durante la temporada 2003–2004 fueron de aproximadamente 512 t, que pueden representar un ingreso de 4.5 millones de dólares para aproximadamente 2100 pescadores registrados, el segundo mayor grupo de pescadores en la región. En estos estuarios y laguna costeras, la pesca de camarón está permitida para embarcaciones de hasta 7.5 m, con motores fuera de borda de hasta 175 HP. Los artes de pesca permitidos son la red suripera dentro de la laguna y la red de arrastre camaronero o chango en la ribera hasta profundidades no mayores a 12 m. La red agallera está prohibida para pescar camarón en todo el sistema. Sin embargo, los pescadores utilizan tanto la red de arrastre como la agallera para pescar dentro del sistema. En este estudio se evalúan algunos de los efectos de estos tres artes de pesca sobre la ictiofauna de estuarios, lagunas y bahías de Santa María la Reforma como una primera aproximación para estudiar los descartes de peces en el área.

Material y métodos

El sistema lagunar estuarino de Santa María la Reforma se encuentra en la plataforma continental del Pacífico central mexicano. Está clasificada como una laguna costera del tipo IIIA (Lankford 1977). Está habitada por manglares, su salinidad es variable (durante nuestro estudio varió de 25.1 a

sampling programs to obtain reliable estimates of total catch for stock assessment of commercial species, and to evaluate the effect of fishing on noncommercial species and the ecosystem as a whole. These data are also important to help evaluate the effectiveness of the conservation measures aimed at reducing fishing mortality, such as increasing mesh size or the design of protected marine areas (Alverson *et al.* 1994). Detailed studies are therefore necessary to analyze all the components of a fishery, commercial as well as noncommercial species, and the diverse fishing practices (Rochet *et al.* 2002). It is also necessary to determine which species are part of the bycatch fauna for a given area, because this information helps to define protected areas and also helps to assess the effect of human activities on the ecosystem (Cushing 1982). Species checklists also give comparative information for biodiversity studies, which are the basis for fishery biological studies (May 1992).

Research on the effects of bycatch on commercial and non-commercial species in the southeastern Gulf of California is practically nonexistent. Studies of this kind in the Mexican North Pacific are few and mainly comprise lists of species (Balart *et al.* 1992, Amezcua-Linares 1996, Madrid-Vera *et al.* 1998, Aguilar-Palomino *et al.* 2001), and none have been conducted in the system studied herein.

Shrimp fishing in the coastal lagoon of Santa María la Reforma (state of Sinaloa, southeastern coast of the Gulf of California) is one of the most important economic activities for the region. According to the Mexican National Institute of Fisheries (Instituto Nacional de Pesca, INP), shrimp landings during 2003–2004 were approximately 512 t and represented an income of more than 4.5 million US dollars to approximately 2100 registered fishermen, the second largest group of fishermen in the region. In this coastal lagoon, shrimp fishing is permitted exclusively in small boats of up to 7.5 m in length, fitted with outboard motors of up to 175 HP. The shrimp fishing gears allowed are the suripera net for use inside the lagoon and the shrimp trawl net for use outside the lagoon to a depth of 12 m. The gillnet is banned for shrimp fishing in the lagoon system. Nevertheless, the shrimp trawl net and the gillnet are employed by fishermen inside the lagoon system. This study evaluates the effect of the three fishing gears on the ichthyofauna in Santa María la Reforma lagoon as a first approach to determine the discards and fish bycatch in the area.

Material and methods

The Santa María la Reforma lagoon-estuarine system is located on the continental shelf of the central Mexican Pacific. It is a IIIA type, inner-shelf coastal lagoon (Lankford 1977), populated by mangroves. The salinity is variable (25.1–38.6‰ during the course of our study), maximum depth is 24 m and mean depth is 7 m. It connects with the Pacific Ocean through two 5-km-wide channels with depths of 12–17 m (fig. 1). The survey was carried out by INP during the assessment of the shrimp fishery. In an attempt to sample all the different

38.6‰), la profundidad máxima es 24 m, y la profundidad media es 7 m. Se conecta con el Océano Pacífico a través de dos bocas de 5 km de anchura y profundidades que van de 12 a 17 m (fig. 1). Los muestreos se realizaron por el Instituto Nacional de la Pesca durante la evaluación de la pesquería del camarón. Con el objetivo de muestrear todos los ambientes del sistema, y debido a que el pico de la época de desove del camarón es durante el mes de abril, se muestrearon 29 estaciones alrededor del sistema durante cinco días en intervalos mensuales, de diciembre de 2001 a mayo de 2002, de tal manera que se muestrearon los meses antes y durante la época de desove. Los muestreos se llevaron a cabo a bordo de pangas equipadas con motores fuera de borda de 115 HP, y con los tres artes de pesca utilizados en el sistema para pescar camarón: (a) red de arrastre, con 24 m de relinga y 50 mm de luz de malla en el copo; (b) red agallera, de 300 m de longitud y con luz de malla de 75 mm; y (c) red suripera, que es una atarraya modificada para arrastrar y consiste de una sección trapezoidal, con figura cónica y bolsas de 40 cm que funcionan como trampas en las que los camarones quedan atrapados al tratar de huir hacia la superficie. Esta última red tiene una luz de malla de 3.5 cm, y se arrastra utilizando la fuerza del viento o de la corriente que se genera con la marea (Hernández Carballo y Macías 1996, INP 1996, Aguilar-Ramírez 2002).

Cada muestreo duró 10 min para todas las artes por igual. La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) para todos los artes se estandarizó para poder hacer comparaciones entre los diferentes artes. Para ello, la CPUE se calculó midiendo el tamaño de los diferentes artes de pesca, y la distancia que cada uno de ellos arrastró mediante el uso de GPS. Estos datos se registraron en cada operación, y con ellos se elaboró una base de datos que incluye al menos 950 lances de los tres artes utilizados en los muestreos. El área total arrastrada en cada operación se convirtió en un rectángulo para hacer los cálculos más fáciles. Mediante el uso de las medidas de tendencia central y dispersión de lo arrastrado por cada arte, a los datos se les aplicó la rutina de *bootstrapping* aproximadamente 2000 veces hasta que se ajustaron a una distribución normal, y luego se estandarizaron para la relación $N(\mu, \sigma^2)/\Sigma N(\mu, \sigma^2)$ en donde N es la distribución normal, μ es el promedio poblacional y σ^2 es la varianza poblacional. Finalmente, se generó una integración del error mediante otra rutina de *bootstrapping* del área arrastrada por cada arte de pesca y el área total arrastrada por todas las artes de pesca, de tal manera que se obtuvo un valor de CPUE en términos del área arrastrada por cada arte.

Posterior a cada lance, los peces y los camarones se recolectaron y guardaron en bolsas por separado; cada una se etiquetó con la fecha, número de estación y arte de pesca utilizado. Posteriormente cada bolsa fue congelada. En el laboratorio, los peces se identificaron hasta el nivel de especie, y se registraron la longitud total y el peso de cada individuo.

La abundancia y biomasa relativa mensual de cada especie capturada con cada arte se estimó en relación con la abundancia y biomasa total capturada respectivamente (Aguilar-Palomino *et al.* 2001).

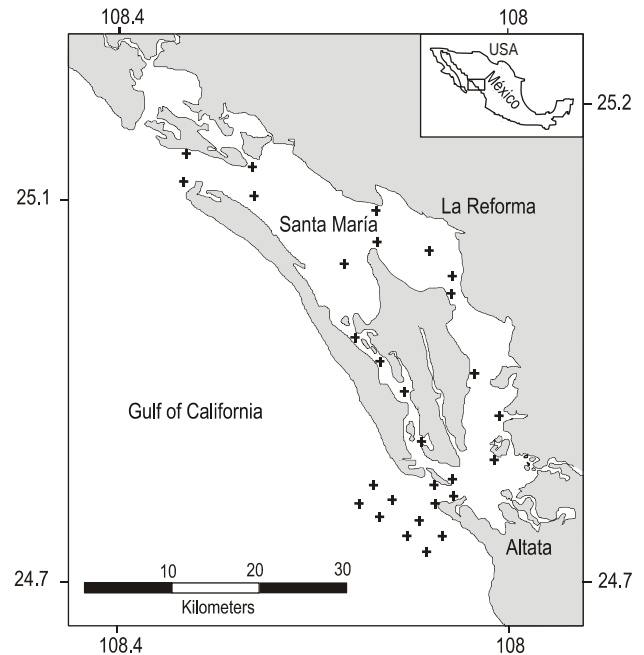


Figura 1. Área de estudio y estaciones de muestreo (puntos).
Figure 1. Study area and sampling stations (dots).

environments of the system, and since the peak of the shrimp-spawning season is in April, 29 stations were sampled throughout the system for five consecutive days at monthly intervals from December 2001 to May 2002, sampling before and during the spawning season. Sampling was conducted aboard small boats fitted with 115-HP outboard engines, equipped with the following three fishing gears commonly used in the system to catch shrimp: (a) shrimp trawl net, fitted with a 24-m footrope and a 50-mm liner at the codend; (b) gill-net, 300 m long and fitted with a 75-mm liner; and (c) suripera net, which is a cast net modified for trawling, consisting of a cone-shaped trapezoidal section in which a footrope is fitted, and two sections on top of the trapezoidal section, fitted with 40-cm bags that act as traps. Shrimp are caught in these traps when trying to escape by swimming to the surface. The net is fitted with a 3.5-cm liner and it is towed using the force of the wind or of the tide-generated current (INP 1996, Hernández-Carballo and Macías 1996, Aguilar-Ramírez 2002).

Every fishing operation lasted 10 min for each gear and the catch per unit effort (CPUE) of all the gears was standardized to make the tows comparable. This CPUE was calculated by measuring the size of the gear and the distance towed by each gear using GPS. These data were recorded for every fishing operation, and a database that included at least 950 tows of all the different gears was developed. The total area towed during each fishing operation was converted into a rectangle to make the estimations easier. Using central tendencies and the dispersion of every fishing gear, the data were bootstrapped approximately 2000 times until a normal distribution was fitted, and then standardized for $N(\mu, \sigma^2)/\Sigma N(\mu, \sigma^2)$, where N is the normal distribution, μ is the population mean, and σ^2 is

Se estimaron los promedios de la abundancia y la biomasa capturadas por hectárea por cada arte de pesca en cada mes de muestreo para determinar que arte de pesca capturó el mayor número y biomasa de peces. Para generar una estimación precisa se utilizó el estimador basado en la discusión de la distribución normal de Pennington (1983). Se sabe que los datos de muestreos de camarón están cargados hacia la derecha y usualmente tienen acumulaciones de valores muy pequeños cercanos a cero (Folmer y Pennington 2000). Debido a que valores tan pequeños pueden provocar que los estimadores basados en la distribución log-normal presenten sesgos (Pennington 1991), se utilizó el estimador de la densidad media (μ_i) propuesto por Folmer y Pennington (2000). Las ecuaciones para resolverlo se calcularon usando el programa de cómputo NANSIS Grafer desarrollado por Jeppe Kolding (Folmer y Pennington, 2000). Los datos se calcularon mediante la ecuación:

$$F_{s,d} = \frac{T_{s,d}}{A_{s,d}}$$

donde F es la abundancia o la biomasa de peces capturados por hectárea, T es la abundancia o biomasa total de peces capturados, y A es el área total arrastrada por cada arte, s es la estación y d el día. Con cada uno de estos resultados se alimentó el programa para cada mes y arte de pesca, de tal manera que los resultados fueron la abundancia o biomasa en promedio por hectárea para cada mes y arte de pesca. Estos resultados se compararon con los resultados obtenidos para el camarón por el Instituto Nacional de la Pesca usando el mismo método para determinar la relación pez:camarón de las capturas por cada arte de pesca.

Se realizó un análisis de varianza de dos vías para determinar las diferencias que pudieran existir entre las longitudes capturadas por cada arte de pesca y en los diferentes meses de muestreo, utilizando las artes de pesca y los meses como factores y la longitud de los peces como la variable independiente. Se realizó la prueba C de Cochran para determinar la homocedasticidad de varianzas. Si la prueba era significativamente diferente, los datos se transformaron a sus logaritmos base 10, y se volvió a realizar la prueba hasta que se cumplió con las condiciones del análisis de varianza. En caso de encontrarse diferencias significativas se utilizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey para muestras no homogéneas. La frecuencia de tallas capturada por cada arte de pesca en los diferentes meses de muestreo se determinó mediante histogramas de frecuencias de tallas. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa estadístico Statistica versión 5.1 (StatSoft Inc., Tulsa, OK).

Se utilizó el índice de diversidad de Shannon $H' = -\sum p_i \log_2 p_i$ para determinar la diversidad de especies que cada arte capturó en los diferentes meses de muestreo. Finalmente, se utilizó el análisis de escalamiento multidimensional (MDS), que es un método multivariado de ordenación, para determinar grupos de similitud de las especies capturadas por cada arte en

the population variance. Finally, an integration of the error was generated by again bootstrapping the area towed by each fishing gear and the total area towed by all the gears, so that a CPUE was obtained in terms of the area towed by each gear.

The fish and shrimp were stored separately in plastic bags labelled with the date, station number and fishing gear used, and then frozen. In the laboratory, fish were identified to species level, and the total length and weight were recorded for every specimen.

The monthly relative abundance and biomass of the species caught by each fishing gear were estimated in relation to the total abundance and biomass caught (Aguilar-Palomino *et al.* 2001).

The mean abundance and biomass per hectare caught by each gear during every sampling month was estimated to determine which fishing gear caught more fish and biomass. To generate an accurate estimate, the estimator was based on Pennington's (1983) discussion on normal distribution. The shrimp-survey data are highly skewed to the right and usually have a cluster of smaller values relatively close to zero (Folmer and Pennington 2000). Since small values can severely bias lognormal-based estimators (Pennington 1991), the estimator of mean density (μ_i) proposed by Folmer and Pennington (2000) was used. The equations were calculated using the NANSIS Grafer computer program developed by Jeppe Kolding (Folmer and Pennington 2000). The data were calculated using:

$$F_{s,d} = \frac{T_{s,d}}{A_{s,d}}$$

where F is either the abundance or biomass of fish caught per hectare, T is the total biomass or abundance of fish caught, and A is the total area swept; s indexes station and d indexes day. Each of these results was fed into the program for each month and fishing gear, the results therefore indicating the mean biomass or abundance per hectare for a given month with a given fishing gear. These results were compared with the shrimp biomass results obtained by INP using the same estimator to determine the fish/shrimp ratio in the catch of each fishing gear.

A two-way analysis of variance (ANOVA) was applied to test for differences in length in relation to fishing gear and month, with the fishing gear and month as factors and length as the independent variable. The homogeneity of variances was tested with Cochran's C-test. If the test failed, data were $\log_{10}$ -transformed and the test was redone until the assumptions of an ANOVA were fulfilled. If significant differences were found, a Tukey *post-hoc* test was applied for nonhomogeneous samples. The frequency of fish sizes caught per gear in the different months was determined with length-frequency histograms. All the statistical analyses were made using Statistica version 5.1 (StatSoft Inc., Tulsa, OK).

The Shannon diversity index, $H' = -\sum p_i \log_2 p_i$, was used to measure the diversity of the species caught by each fishing

los diferentes meses de muestreo. Se utilizaron las abundancias de cada especie de pez y se transformaron con raíz 4ª utilizando el coeficiente de similitudes de Bray Curtis. Para determinar la existencia de diferencias en la composición de la fauna capturada por cada arte de pesca en los diferentes meses, se realizó un análisis de similitudes (ANOSIM) usando los valores del estadístico *R* en comparaciones pareadas para determinar el nivel de disimilitud entre los grupos formados (Clarke 1993). Los valores de *R* se encuentran en un intervalo de 0 a 1; valores cercanos a 1 muestran que la composición de cada grupo es diferente, por tanto, no son grupos reales, mientras que valores cercanos a 0 demuestran que la hipótesis nula es cierta y que hay muy poca diferencia en la composición entre los grupos formados, siendo verdaderos grupos. Se utilizó el análisis de similitud de porcentajes (SIMPER) para determinar que especies son las causantes de las disimilitudes entre los grupos encontrados (Clarke 1993). El índice de diversidad de Shannon se obtuvo mediante el programa Primer (Clarke y Warwick 1994), mismo con el que se realizaron los análisis MDS, ANOSIM y SIMPER.

Resultados

Los esfuerzos estimados para cada arte de pesca, de acuerdo con la base de datos de las áreas arrastradas perteneciente al Centro Regional de Investigación Pesquera, fueron los siguientes: la red de arrastre camaronesa arrastró 0.75 ± 1.8 ha, la red agallera arrastró 2.4 ± 0.6 ha y la red suripera arrastró 0.9 ± 2.2 ha.

En total se identificaron 48 familias (la red de arrastre camaronesa capturó 45, la agallera 46 y la suripera 36), 102 géneros (la red de arrastre camaronesa capturó 93, la agallera 87 y la suripera 66), y 173 especies (la red de arrastre camaronesa capturó 152, la agallera 125 y la suripera 83).

La tabla 1 muestra las siete especies más importantes con respecto a la abundancia y biomasa que cada arte capturó. *Eucinostomus entomelas* fue la especie más importante porque siempre apareció dentro de las cinco especies más importantes capturadas por las tres artes de pesca y se capturó en todos los meses de muestreo. Cada arte de pesca mostró diferentes porcentajes de las especies capturadas. La red de arrastre camaronesa mostró porcentajes similares de abundancia y biomasa en las siete especies mostradas en la tabla 1, mostrando un patrón homogéneo. Entre las especies que capturó este arte se encontraron especies de fondo como rayas, peces guitarra y peces planos. Las especies capturadas por la red agallera también mostraron un patrón similar a la de arrastre; sin embargo, algunas especies presentaron porcentajes muy altos en comparación con las demás especies y otras no se capturaron en todos los meses. Algunas especies típicas del fondo no se encontraron, mientras que fueron comunes algunas especies que habitan la columna de agua; tal fue el caso del género *Albula* spp. y la especie *Scomberomorus sierra*. En el caso de la red suripera, las principales especies fueron menos pero con altos porcentajes, entre éstas algunas del género *Anchoa* spp.

gear in the different months. Finally, the densities of the species caught by each fishing gear in different seasons were ordinated using multidimensional scaling (MDS) on Bray-Curtis similarity coefficients calculated from 4th root-transformed abundance data. To test for differences in the faunal composition between seasons and fishing gear, an analysis of similarity (ANOSIM) was employed using the *R*-statistic values for pair-wise comparisons to determine the degree of dissimilarity among the groups formed (Clarke 1993). The *R* values range from 0 to 1; values close to 1 show that the composition of the groups are different, whereas values close to 0 demonstrate that the null hypothesis is true and that there is little difference in composition between those groups. Similarity of percentages (SIMPER) was used to determine which species account for most of the dissimilarities among the compositions at the different sites (Clarke 1993). Shannon's index, MDS, ANOSIM, and SIMPER were calculated using the Primer suite of programs (Clarke and Warwick 1994).

Results

The efforts estimated for each fishing gear, according to the database of the area trawled of the Regional Fisheries Research Centre (Centro Regional de Investigación Pesquera, CRIP), were as follows: the shrimp trawl net swept 0.75 ± 1.8 ha, the gillnet swept 2.4 ± 0.6 ha, and the suripera net swept 0.9 ± 2.2 ha.

In total, we identified 48 families (45 were caught by the shrimp trawl net, 46 by the gillnet, and 36 by the suripera net), 102 genera (93 were caught by the shrimp trawl, 87 by the gillnet, and 66 by the suripera net), and 173 species (152 were caught by the shrimp trawl net, 125 by the gillnet, and 83 by the suripera net).

Table 1 shows the seven most important species in biomass and abundance caught by each fishing gear. *Eucinostomus entomelas* was the most important species, appearing among the top five most important species for the three fishing gears and caught in all months. Each fishing gear showed different percentages of the species caught. The shrimp trawl net had similar percentages of abundance and biomass for all seven species, showing a homogeneous pattern; among these species there were bottom-living forms, such as rays, guitar fish, and flatfish. The main species caught by the gillnet showed a similar pattern, but there were some species with higher percentages and some species that were not caught during certain months; species inhabiting the bottom were absent, but mid-water species were present, such as those of the genus *Albula* and *Scomberomorus sierra*. The main species caught by the suripera net, which included *Anchoa* spp., were fewer but with higher percentages.

The fishing gear that caught a greater abundance of fish was the shrimp trawl net, followed by the gillnet and suripera net. The gillnet had high standard errors, especially in February, which means that this gear caught both many and few fish at different times. The mean abundance collected by

El arte de pesca que capturó la mayor abundancia de peces fue la red de arrastre camaronera, seguida de la red agallera y por último la suripera. Las capturas de la red agallera presentaron errores estándar amplios, principalmente durante el mes de febrero, lo que indica que este arte capturó en ocasiones grandes cantidades de peces, pero en otras también pocas cantidades. La abundancia media capturada por la red de arrastre mostró un pico durante enero, mientras que las abundancias medias capturadas por la red agallera y la suripera mostraron picos en febrero (fig. 2a).

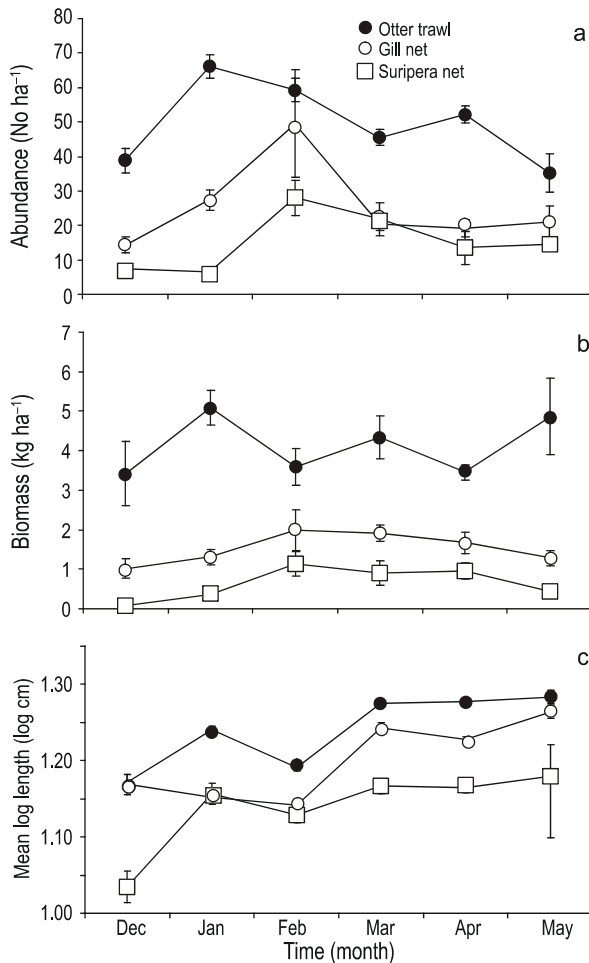


Figura 2. (a) Abundancia media por hectárea ($\pm$ error estándar) obtenida mediante el estimador de la densidad media para los diferentes artes de pesca en cada mes. (b) Biomasa media por hectárea ($\pm$ error estándar) obtenida mediante el estimador de la densidad media para los diferentes artes de pesca en cada mes. (c) Longitud media (logaritmo base 10, $\pm$ error estándar) de los peces capturados por cada arte en los diferentes meses de muestreo.

Figure 2. (a) Mean abundance per hectare ($\pm$ standard error) obtained using the estimator of mean density for the different fishing gears in each month. (b) Mean biomass per hectare ($\pm$ standard error) obtained using the estimator of mean density for the different fishing gears in each month. (c) Mean length ($\log_{10}$ -transformed, $\pm$ standard error) of the fish caught by each fishing gear in the different months.

the shrimp trawl net showed a peak during January, whilst the mean abundance collected by the gillnet and suripera net showed a peak during February (fig. 2a).

The biomass per hectare showed a similar trend; however, the values for the shrimp trawl net were well above those of the other two gears. The shrimp trawl net usually had high standard errors, indicating that it caught a wide range of fish, from small and light to large and heavy (fig. 2b).

Data of the mean shrimp biomass caught per hectare by each fishing gear were available. These data were compared to the mean fish biomass caught in each month with each fishing gear. The highest fish/shrimp ratio was caught by the gillnet, followed by the shrimp trawl net and then the suripera net, the latter capturing a 1:1 ratio or less (table 2).

The fishing gear that caught the largest fish on average was the gillnet (17.4 cm), followed by the shrimp trawl net (15.8 cm), and the suripera net (13.4 cm) ($F_{(2, 11367)} = 85.56$; $P < 0.01$). The largest fish were caught from March to May, with mean lengths close to 17 cm. From December to February, the mean lengths were under 15 cm ($F_{(5, 11367)} = 47.3$, $P < 0.01$). The three fishing gears showed a similar trend during the sampling months, except in January, when the mean length of the fish caught with the gillnet and suripera net increased, whilst the mean length of fish caught with the shrimp trawl net decreased ($F_{(10, 11367)} = 8.8$, $P < 0.01$) (fig. 2c). The suripera net showed a high standard error during May caused by the catch of two large *Sphoeroides annulatus*.

Although the shrimp trawl net collected fish that on average were smaller than those collected with the gillnet, but larger than those collected with the suripera net, the shrimp trawl net collected a large number of small fish and the largest individuals. The gillnet collected mainly medium-sized fish, as well as many small fish, though not as many as the shrimp trawl net. The suripera net collected mainly small individuals, but only about one-third of those caught by the other two (fig. 3).

The fishing gear that collected the greatest diversity of fish was the shrimp trawl net. The H' values of the fish collected by the shrimp trawl net and the gillnet showed a similar trend during the sampling months, decreasing from December to February, increasing in March and April, and then decreasing in May. The H' values of the fish captured with the suripera net showed a peak in January, whilst the other two fishing gears showed decreasing values during this month. After January, the H' values for the suripera net also decreased and then showed a tendency similar to that of the other two fishing gears (fig. 4a).

Ordination of the densities of the fish species in a MDS plot showed that the different fishing gears and seasons explained the position of the samples on the graph (fig. 4b). The samples of the fish fauna caught with the same fishing gear grouped together, separately from the other fishing gears, whilst the samples of the fish fauna caught in each season also grouped together. The winter samples are on the left-hand side of the graph and the spring samples on the right-hand side.

Table 1. Abundancia y biomasa relativa de las siete especies más importantes capturadas con los diferentes artes de pesca en cada mes de muestreo.
Table 1. Relative abundance and biomass of the seven most important species caught with the different fishing gears in every sampling month.

Species	Relative abundance							Species	Relative biomass						
	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Total		Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Total
Shrimp trawl net															
<i>Eucinostomus entomelas</i>	10	2	29	4	5	4	9	<i>Sphoeroides annulatus</i>	4	31	7	30	1	0.7	15
<i>Sphoeroides annulatus</i>	2	19	17	1	1	1	8	<i>Urotrygon chilensis</i>	12	23	10	8	3	0.8	10
<i>Urotrygon chilensis</i>	7	15	4	9	2	0.2	6	<i>Rhinobatos glaucostigma</i>	14	3	5	12	5	10	7
<i>Pomadasyd panamensis</i>	2	2	6	7	5	7	5	<i>Eucinostomus entomelas</i>	4	1	31	2	3	1	7
<i>Syacium ovale</i>	3	2	2	6	2	10	3	<i>Urotrygon nana</i>	0	11	0.2	2	1	7	4
<i>Rhinobatos glaucostigma</i>	3	4	2	6	1	2	3	<i>Pomadasyd panamensis</i>	3	0.7	3	3	6	9	4
<i>Urotrygon nana</i>	0	8	0.1	2	1	3	3	<i>Synodus scituliceps</i>	2	0.3	3	4	5	5	3
Gillnet															
<i>Eucinostomus entomelas</i>	5	30	35	15	8	9	23	<i>Eucinostomus entomelas</i>	2	27	33	11	8	9	20
<i>Selene brevoortii</i>	2	0.4	39	0.1	0	0	9	<i>Albula nemoptera</i>	0	14	3	3	8	2	8
<i>Diapterus peruvianus</i>	17	13	0	15	4	3	9	<i>Menticirrhus elongatus</i>	11	7	5	12	4	0	7
<i>Albula nemoptera</i>	0	8	1	3	4	2	4	<i>Albula vulpes</i>	1	6	6	10	6	0	6
<i>Anchovia macrolepidota</i>	1	0.1	0.7	0.1	19	12	4	<i>Diapterus peruvianus</i>	10	6	0	7	2	2	5
<i>Pliosteostoma lutipinnis</i>	0	0.6	0	3	12	27	4	<i>Scomberomorus sierra</i>	10	2	9	2	5	0	4
<i>Chaetodipterus zonatus</i>	13	6	0.3	3	0.6	0	4	<i>Selene brevoortii</i>	0.1	0	18	0	0	0	3
Suripera net															
<i>Eucinostomus entomelas</i>	0	19	40	2	3	0	14	<i>Eucinostomus entomelas</i>	0	15	33	1	6	0	12
<i>Anchoa walkeri</i>	0	0	0	0	36	0	13	<i>Diapterus peruvianus</i>	8	1	3	0.1	19	0	7
<i>Diapterus peruvianus</i>	12	8	2	0.5	14	0	7	<i>Sphoeroides annulatus</i>	0	38	0	0	0	0	7
<i>Anchoa nasus</i>	12	0	0	21	0	0	5	<i>Albula vulpes</i>	0	0	1	20	1	0	5
<i>Symphurus elongatus</i>	0	0.7	9	5	3	0	4	<i>Oligoplites altus</i>	0	0	0	0	12	0	4
<i>Anchoa mundaola</i>	0	0	2	17	0	0	4	<i>Anchoa walkeri</i>	0	0	0	0	12	0	4
<i>Pliosteostoma lutipinnis</i>	0	5	0	4	7	0	4	<i>Menticirrhus elongatus</i>	0	5	0	14	0	0.	4

La biomasa capturada por hectárea mostró una tendencia similar; sin embargo, los valores capturados por la red de arrastre camarónera están muy por encima de los valores capturados por los otros dos artes de pesca. La red de arrastre mostró en varias ocasiones errores estándar muy amplios, lo que indica que este arte capturó tanto peces pequeños y de bajo peso, como grandes y pesados (fig. 2b).

Se contó con los datos de biomasa media de camarón capturada por hectárea por cada arte de pesca y éstos se compararon con la biomasa media de peces capturados en cada mes con los diferentes artes de pesca. La relación pez:camarón más alta se obtuvo con las capturas de la red agallera, seguida por la de arrastre, mientras que la red suripera fue la que presentó la relación más baja. En el caso de esta última red, la relación kg de peces: kg de camarón de sus capturas fue de 1:1 o menor (tabla 2).

La red que capturó peces de mayor tamaño en promedio fue la red agallera (17.4 cm), seguida de la red de arrastre (15.8 cm), y finalmente la red suripera (13.4 cm) ($F_{(2, 11367)} = 85.56$; $P < 0.01$). Los peces de mayor tamaño se capturaron entre marzo y mayo con longitudes medias cercanas a 17 cm. De diciembre a febrero las longitudes medias estuvieron por debajo de 15 cm ($F_{(5, 11367)} = 47.3$, $P < 0.01$). Los tres artes de pesca mostraron una tendencia similar durante los meses de muestreo, con excepción del mes de enero en que la longitud media de los peces capturados con la red agallera y la red suripera mostraron un pico, mientras que la longitud media de los peces capturados con la red de arrastre disminuyó ($F_{(10, 11367)} = 8.8$, $P < 0.01$) (fig. 2c). La red suripera mostró errores estándar amplios en mayo debido a la captura de dos *Sphoeroides annulatus* de gran tamaño.

Aunque la red de arrastre capturó peces que en promedio fueron más pequeños que los capturados con la red agallera pero mayores que los capturados con la red suripera, la red de arrastre capturó una gran cantidad de peces de tallas pequeñas, y fue la red que capturó también los individuos mas grandes en talla. La red agallera capturó generalmente organismos de tallas medianas, aunque también recolectó una gran cantidad de peces de tallas pequeñas, aunque no tantos como la red de arrastre. La red suripera recolectó organismos de tallas pequeñas en su mayoría, sin embargo, las cantidades de organismos

Tabla 2. Kilogramos de camarón capturado por kilogramo de pez capturado por cada arte de pesca en los diferentes meses de muestreo.

Table 2. Kilogram of shrimp per kilogram of fish caught for each fishing gear in the different sampling months.

Month	Shrimp trawl net	Gillnet	Suripera net
December	4	10	0.1
January	6	10	0.4
February	4	15	1
March	5	15	1
April	4	13	1.
May	5	10	0.5

The ANOSIM confirmed that the faunal composition caught with any fishing gear differed significantly from that caught with any of the other gear (shrimp trawl net vs gillnet: $R = 0.74$, $P < 0.01$; shrimp trawl net vs suripera net: $R = 0.63$, $P < 0.02$; gillnet vs suripera net: $R = 0.54$, $P < 0.03$), and that the faunal composition caught during one season differed significantly from that caught during another season (global $R = 0.5$, $P < 0.01$).

The SIMPER analysis showed that *Sphoeroides annulatus*, *Selene brevoorti*, and *Urotrygon chilensis* were the species that best characterized the winter samples, whilst *Anchoa walkeri*, *Microlepidotus brevipinnis*, *Oligoplites altus*, *Eucinostomus argenteus*, *Pliosteostoma lutipinnis*, *Epinephelus analogus*, and *Eucinostomus gracilis* best characterized the spring samples. Regarding the fishing gear, the fish fauna caught by the shrimp trawl net differed from that caught by the other two nets because of the greater abundance of the demersal species *Achirus mazatlanus*, *Syacium ovale*, *Urotrygon chilensis*, *U. nana*, *Pomadasys panamensis*, *Urobatis halleri*, *Rhinobatos glaucostigma*, *Selene brevoortii*, *S. peruviana*, *Sphoeroides annulatus*, and *Prionotus stephanophrys*. On the other hand, *Carangoides otrynter*, *Diapterus peruvianus*, *Albula nemoptera*, and *Anchoa walkeri* were more abundant in the fauna caught with the gillnet, and *Anchoa walkeri* and *A. mundeola* were more abundant in the fauna caught with the suripera net.

The discriminating species between the fauna caught by the gillnet and the suripera net were *Selene brevoortii*, *Scomberomorus sierra*, *Albula nemoptera*, *Menticirrhus elongates*, and *Sphoeroides annulatus*, which were more abundant in the fauna caught with the former, whilst *Anchoa walkeri* had greater abundances in the fauna caught with the latter.

Discussion

Even though the gillnet is banned from Santa María La Reforma lagoon and the shrimp trawl net can only be used with restrictions, these two fishing gears are used to catch shrimp in this system and they are known to capture a large amount of fish fauna as bycatch. The real effect of these gears on the ichthyofauna, however, has never been evaluated.

The number of species found in this system is high, probably because they use this system as a spawning or nursery area. The importance of this type of system as nursery grounds for fish is well documented (Allen and Barker 1990, Amezcua-Linares *et al.* 1992, Nagelkerken *et al.* 2001). Our results show that the shrimp trawl net is the fishing gear that captures a greater diversity of species, and that there is a pattern that goes from a similar percentage among all the dominant species, to highly dominant species with high percentages, from the shrimp trawl net to the suripera net. These results are in accordance and corroborated with the results from the Shannon index, indicating that these gears go from the nonselective shrimp trawl net, to the highly selective suripera net. The gillnet is also a nonselective gear but not as much as the shrimp trawl net.

capturados fueron aproximadamente de 1/3 respecto a lo recolectado por los otros dos artes (fig. 3).

El arte de pesca que recolectó la mayor diversidad de peces fue la red de arrastre camaronera. Los valores de H' presentados por el conjunto de organismos recolectados por la red de arrastre y la agallera, presentaron una tendencia similar a lo largo de los meses de muestreo, disminuyendo de diciembre a febrero, para luego incrementarse en marzo y abril, y volviendo a decrecer en mayo. Los valores de H' de los organismos capturados con la red suripera mostraron un pico en enero, mientras que los valores para los otros dos artes mostraron un decremento durante este mes. Después de este mes los valores disminuyeron, y posteriormente mostraron una tendencia similar a la presentada por los otros dos artes (fig. 4a).

La ordenación de las densidades de las especies de peces de acuerdo al gráfico del análisis MDS, mostró que los diferentes artes de pesca y las estaciones del año explican la posición de las muestras en el gráfico (fig. 4b). La fauna de peces capturada con los diferentes artes de pesca formó grupos para cada arte. De igual manera se formaron grupos de acuerdo a la estación del año colocando las muestras de invierno en la parte izquierda del gráfico, mientras que las de invierno se colocaron en la parte derecha.

El ANOSIM corroboró que existen diferencias significativas entre la ictiofauna capturada con los artes de pesca (red de arrastre camaronera vs. red agallera: $R = 0.74$, $P < 0.01$; red de arrastre camaronera vs. red suripera: $R = 0.63$, $P < 0.02$; red agallera vs. red suripera: $R = 0.54$, $P < 0.03$), y que la composición faunística de una época del año fue significativamente diferente a la de la siguiente época ($R_{\text{global}} = 0.5$, $P < 0.01$).

Mediante el SIMPER se determinó que las especies que mejor caracterizaron las muestras de invierno fueron *Sphoeroides annulatus*, *Selene brevoortii* y *Urotrygon chilensis*, mientras que *Anchoa walkeri*, *Microlepidotus brevipinnis*, *Oligoplites altus*, *Eucinostomus argenteus*, *Pliosteostoma luti-pinnis*, *Epinephelus analogus* y *Eucinostomus gracilis* fueron las que mejor caracterizaron las muestras de primavera. En lo que respecta a los artes de pesca, la fauna capturada por la red de arrastre se distinguió de la capturada por los otros dos artes de pesca debido a la abundancia de las especies demersales *Achirus mazatlanus*, *Syacium ovale*, *Urotrygon chilensis*, *U. nana*, *Pomadasys panamensis*, *Urobatis halleri*, *Rhinobatos glaucostigma*, *Selene brevoortii*, *S. peruviana*, *Sphoeroides annulatus* y *Prionotus stephanophrys* capturadas por la red de arrastre, mientras que las especies *Carangoides otrynter*, *Diapterus peruvianus*, *Albula nemoptera* y *Anchoa walkeri* fueron más abundantes en la fauna capturada por la red agallera, y las especies *Anchoa walkeri* y *A. mundeola* fueron las más abundantes en la fauna capturada por la red suripera.

Las especies que causaron las diferencias encontradas entre la fauna capturada por la red agallera y por la suripera fueron *Selene brevoortii*, *Scomberomorus sierra*, *Albula nemoptera*, *Menticirrhus elongates* y *Sphoeroides annulatus* que se encontraron primordialmente entre las especies capturadas por la red

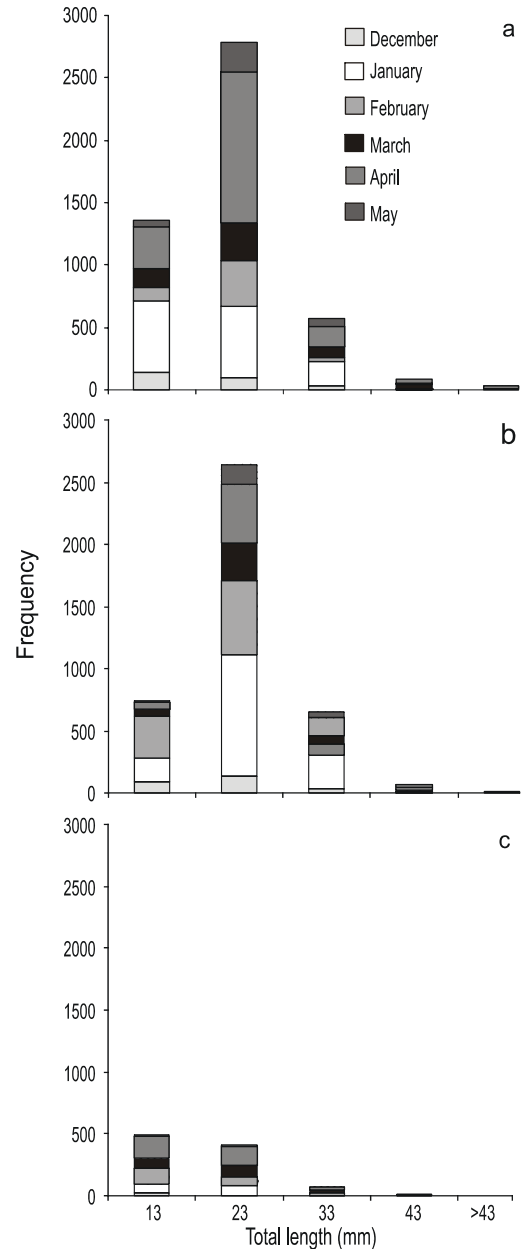


Figura 3. Histograma de frecuencia de tallas de los peces capturados por cada arte de pesca en los meses de muestreo: (a) red de arrastre, (b) red agallera, y (c) red suripera.

Figure 3. Length-frequency histogram of the fish caught by each fishing gear in the different months: (a) shrimp trawl net, (b) gillnet, and (c) suripera net.

It is usually thought that the shrimp trawl net is the fishing gear that has a greater effect on the fish community because it removes larger quantities of fish, both in terms of individuals and biomass, than the other two gears. The gillnet and suripera net showed similar trends in terms of individuals and biomass, and sometimes the abundance results were similar, although from December to February the gillnet results were much higher.

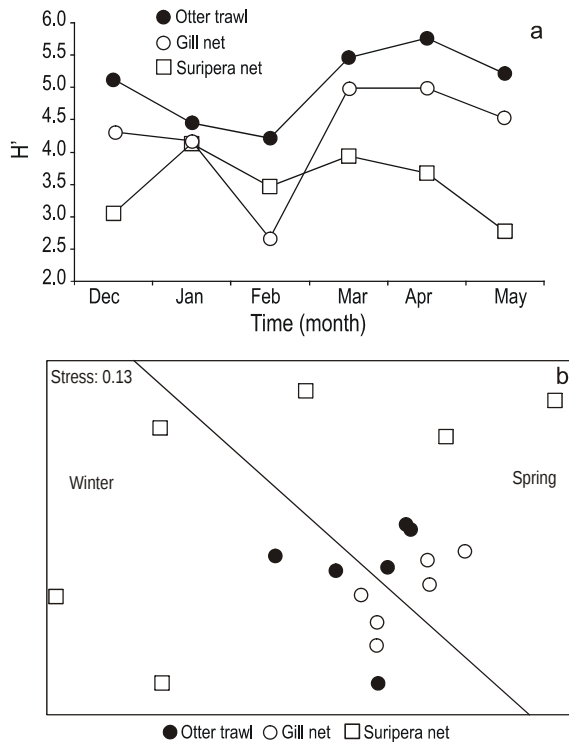


Figura 4. (a) Índice de diversidad de Shannon de la comunidad de especies capturadas por cada arte de pesca en los meses de muestreo. (b) Gráfica del análisis MDS de la ictiofauna capturada por cada arte de pesca en las estaciones muestreadas.

Figure 4. (a) Shannon diversity index of the fish community caught by each fishing gear during the different sampling months. (b) Multidimensional scaling plot of the fish fauna caught with each fishing gear in the different months.

agallera, mientras que *Anchoa walkeri* presentó una mayor abundancia en las capturas de la red suripera.

Discusión

A pesar de que el uso de la red agallera y la red de arrastre está prohibido dentro de la laguna de Santa María la Reforma, estos artes de pesca son utilizados para capturar camarón dentro del sistema. Estos dos artes de pesca capturan una gran cantidad de peces como fauna de acompañamiento del camarón, sin embargo, el efecto real de estas artes sobre la ictiofauna no ha sido evaluado.

El número de especies encontradas en el sistema es alto, posiblemente debido a que las especies utilizan este sistema como área de reproducción o crianza. La importancia de este tipo de sistemas como áreas de crianza para peces ha sido documentada (Allen y Barker 1990, Amezcua-Linares *et al.* 1992, Nagelkerken *et al.* 2001). A partir de los primeros resultados, es posible determinar que la red de arrastre de camarón es el arte de pesca que captura mayor diversidad de especies, observándose un patrón que va desde un porcentaje similar entre todas las especies dominantes, hasta especies con gran dominancia con un porcentaje alto, desde la red de arrastre camaronesa a la red suripera. Estos resultados son

The ratio of kilogram of shrimp per kilogram of fish caught was high for the gillnet as expected, because this gear is not designed to catch shrimp. The most efficient gear was the suripera net, with a ratio of 1 kg of shrimp per 0.1 kg of fish caught. The trawl net results were as expected: 5 kg of fish per 1 kg of shrimp caught.

The similar tendencies shown by the gillnet and suripera net could be related to the fact that both fishing gears catch fish mainly from the water column, as indicated by the results of the SIMPER analysis, whereas the shrimp trawl net mainly catches fish from the bottom. The differences observed between fishing gears may be associated not only with the selectivity of each net but also with the fact that they operate in different areas; however, during the course of this study all the gears were used in the same areas of the lagoon, so the differences found in this study are related to their selectiveness rather than to differences in areas.

The monthly variations found in abundance and biomass are probably related to recruitment, spawning, and/or migration of the most abundant species, but that analysis is beyond the scope of this work.

The general conception is that even though the gillnet catches a large amount of fish, they are mainly of a large size and thus easier to sell, and the effect on the population will not be as high because these fish are adults and have reproduced. The results obtained in this study, however, indicate that the gillnet catches individuals as small as the ones caught by the shrimp trawl net. For example, during this study, 14-cm-long individuals of *Hoplopagrus guentherii*, *Lutjanus guttatus*, and *L. argentiventris* were caught with both the gillnet and the shrimp trawl net. Piñón (2003), in a study made at the same locality, determined that the lengths at sexual maturity for these three species are 35, 30, and 33 cm, respectively, which means that both gears catch fish that have not reproduced, with the consequent negative effect on the recruitment of these species, decreasing the stock. This is probably true for many other species. Another problem is that, because of their small size, these fish cannot be sold and are thrown away.

The multivariate results indicate that the fish fauna changes from one season to another and that the three fishing gears differ in the specific composition of the species caught by each. This implies that the combined effect of the three of them is to remove a considerable amount of fish; in particular, the shrimp trawl net and gillnet caught 169 species of the total 173 recorded. Since the fish fauna changes seasonally, these two gears affect different fish populations that use this system either to spawn or grow (Allen and Barker 1990, Amezcua-Linares *et al.* 1992, Nagelkerken *et al.* 2001).

Only a small portion of the fish collected as shrimp bycatch are consumed or sold by the fishermen. In general, fishermen tend to discard the fish and collect just the shrimp. During the sampling periods we noticed that only large fish of certain species such as *Sphoeroides annulatus*, *Rhinobatos* spp., *Lutjanus* spp., *Scomberomorus sierra*, and *Bagre panamensis* were of interest to the fishermen. Many other commercially important

concordantes con el índice de diversidad de Shannon, indicando que estas artes van desde la poco selectiva red de arrastre de camarón, hasta la altamente selectiva red suripera. La red agallera también es una red poco selectiva pero no tan poco como la red de arrastre.

Normalmente se piensa que la red de arrastre de camarón es el arte de pesca que causa mayor efecto sobre la comunidad de peces por encima de los otros dos artes debido a que captura grandes cantidades de peces, en términos de individuos y biomasa. La red agallera y la suripera muestran tendencias similares en términos de individuos y biomasa, y aunque algunas veces el resultado en cuanto a abundancia es muy similar, de diciembre a febrero los resultados de la red suripera son mucho mayores.

Tal y como se esperaba, la relación de captura kg de camarón: kg de pez fue mayor en la red agallera posiblemente debido a que este arte no ha sido diseñado para la captura de camarón. El arte más efectivo fue la red suripera, presentando relaciones de captura kg de camarón: kg de pez de 1:0.1. La red de arrastre rindió los valores que se esperaban de aproximadamente 5 kg de peces por cada kilogramo de camarón capturado.

La similitud entre las tendencias observadas en la red agallera y la suripera puede deberse a que ambas capturan principalmente peces de la columna de agua, como lo muestran los resultados del análisis SIMPER, mientras que la red de arrastre captura principalmente peces del fondo. Las diferencias observadas entre los artes de pesca utilizados podrían estar relacionadas no sólo con la selectividad de cada una de ellas, sino también con que éstas operan en diferentes zonas dentro de la laguna; sin embargo, a lo largo de este estudio los tres artes de pesca se utilizaron en las mismas áreas. Por lo tanto, las diferencias encontradas en este estudio están relacionadas con su selectividad más que con las posibles diferencias en fauna que se pudieran encontrar en las diferentes áreas.

Las variaciones mensuales encontradas en la abundancia y biomasa seguramente están relacionadas con los hábitos de reclutamiento, reproducción o migración de las especies más abundantes; sin embargo, dicho análisis no es el objetivo del presente trabajo.

En general se piensa que aun cuando la red agallera captura una gran cantidad de peces, éstos son principalmente de tallas grandes, por lo que los pescadores podrán venderlos más fácilmente además de que el efecto en las poblaciones podría no ser tan alto debido a que son peces adultos que ya se han reproducido al menos una vez. Sin embargo, los resultados de este estudio indican que la red agallera captura individuos tan pequeños como los capturados por la red de arrastre. Por ejemplo, en el transcurso de este estudio se capturaron individuos de 14 cm de longitud de *Hoplopagrus guentherii*, *Lutjanus guttatus* y *L. argentiventris* tanto por la red agallera como por la de arrastre. Piñón (2003), en un estudio realizado en la misma localidad, determinó que la longitud de primera madurez de estas especies es de 35, 30 y 33 cm, respectivamente, lo cual indica que ambos artes de pesca capturan organismos que no se

species that are caught in large quantities are discarded, such as species of the families Albulidae, Haemulidae, Gerreidae, and Sciaenidae. The discarded fish are returned to the sea once the fishermen have finished collecting the shrimp and the fish of high commercial value. The discarded fish are usually dead by the time they are returned to the water because they tend to be manhandled when they are released from the net, particularly in the case of the gillnet, and even if returned alive, they may experience high post-release mortality. Predation on these fish must be intense (Baum *et al.* 2003) considering that this system is inhabited by large numbers of sea birds and dolphins that surround the boats when the nets are pulled out of the sea.

Even if all the commercial-sized fish were used, which is not the case, the majority of them would be discarded. Our results show that most of the fish are ≤ 23 cm long, so only about 15% of the fish caught with the shrimp trawl net, 18% of the fish caught with the gillnet, and 8% of the fish caught with the suripera net would be sold or consumed on site by the fishermen; the rest would be discarded. The 1024 registered boats discard from 80% to 90% of the fish they catch every time they fish for shrimp.

It is difficult to evaluate the amount of fish discarded during a shrimp season because precise knowledge of the fishing gear used is lacking. According to CRIP in Mazatlán, of the 512 t of shrimp landed during 2003–2004 in this system, approximately 70% (360 t) of the catch was reported. Of this, approximately 60% (310 t) was caught with the suripera net, and 10% (50 t) with the shrimp trawl net. The remaining 30% corresponds to the unreported catch with either the gillnet (approximately 15%, 80 t) or the shrimp trawl net (approximately 15%, 80 t). Using the minimum and maximum values from table 2 for each fishing gear, a fish bycatch of 30–400 t was caught by the suripera net, of about 775 t by the gillnet, and of 490–720 t by the shrimp trawl net. The total fish bycatch for the 2003–2004 season could be 1300–1900 t. If 20% of these fish were used, 1000–1500 t of fish would still be discarded. Considering the many furtive boats and fishermen that do not report their landings, however, the tonnes of discarded fish must be much higher for this system alone. It is important to bear in mind that the same fishing gears are used in all the other systems in the area, and that in some systems, such as those in Sonora, the use of the suripera net is strongly opposed by fishermen and the use of the gillnet is allowed for the shrimp fishery, according to the INP; hence, the tonnes of fish discarded in the states of Sinaloa and Sonora must be very high.

Discarding the amounts estimated herein potentially affects the dynamics of exploited stocks, as well as other species of the community (Rochet *et al.* 2000). The three gears surely have an effect on the recruitment of many species because they primarily catch small individuals, which are not consumed or sold because of their small size. Mobile fishing gear alters the seafloor habitats (Auster *et al.* 1996). Bottom fishing gear, such as the shrimp trawl net, can reduce habitat complexity by removing emergent epifauna, smoothing sedimentary

han reproducido aún, y por tanto, su pesca tiene un efecto negativo en el reclutamiento de estas especies reduciendo el stock. Probablemente esto sucede con otras especies. Otro problema es que, debido a su talla pequeña los peces no son vendidos y son desechados, devolviéndolos al medio.

El resultado de los análisis multivariados indica que la fauna íctica cambia a lo largo de las estaciones del año, y que la composición específica de las especies capturadas por cada una de ellas es diferente, lo cual implica que el efecto combinado de los tres artes de pesca elimina gran cantidad de peces del sistema, principalmente las redes de arrastre y agallera que capturan 169 especies de un total de las 173 registradas en este estudio. Debido a que la composición de las especies ícticas cambia estacionalmente, estos dos últimos artes afectan diferentes poblaciones de peces que concurren en este sistema para reproducirse o para desarrollarse (Allen y Barker 1990, Amezcua Linares *et al.* 1992, Nagelkerken *et al.* 2001).

Si bien durante la temporada de pesca de camarón algunos de los peces son consumidos o vendidos por los pescadores, su proporción es mínima. Generalmente los pescadores recolectan sólo los camarones y descartan lo demás. Durante el periodo de muestreo se observó que sólo los peces de tallas grandes y de ciertas especies eran recogidos. Tal es el caso de *Sphoeroides annulatus*, *Rhinobatos* spp., *Lutjanus* spp., *Scomberomorus sierra* y *Bagre panamensis*, que son de interés para los pescadores. Muchas de las especies que son capturadas en gran cantidad, aunque puedan tener importancia comercial son descartadas, como son las especies de la familia Albulidae, Haemulidae, Gerreidae y Sciaenidae. Los peces descartados son devueltos al mar una vez que los pescadores han terminado de recolectar los camarones y los peces con un alto valor comercial. Los peces descartados generalmente se encuentran muertos al momento de ser devueltos al mar debido al tiempo que pasan en superficie o al daño físico sufrido durante la maniobra en cubierta, caso particularmente cierto para la red agallera. Aun cuando los peces se regresen vivos al mar, éstos seguramente mueren después de ser liberados. La depredación sobre estos peces es intensa después de la liberación debido a que estos sistemas están habitados por un gran número de aves marinas y delfines que se encuentran merodeando la embarcación en el transcurso de la maniobra (Baum *et al.* 2003).

Aún cuando todos los peces de tallas comerciales se utilizaran, lo cual no sucede, la mayoría de los peces serían descartados. Los resultados de este estudio muestran que la mayoría de los peces son de tallas menores a 23 cm, por lo que sólo 15% de los peces capturados con la red de arrastre, 18% de los capturados con la red agallera y 8% de los capturados con la suripera son susceptibles para la venta o el autoconsumo por los pescadores. El resto de los peces serán descartados. Las 1024 embarcaciones registradas descartan entre 80% y 90% de los peces que capturan a lo largo de la temporada de pesca del camarón.

Es difícil evaluar la cantidad de peces que son descartados durante una temporada de pesca debido a que no se sabe con precisión que tipo de arte de pesca utilizan los pescadores. De

bedforms, and removing structure-forming species such as corals and sponges (Auster *et al.* 1996, Jennings and Kaiser 1998, Auster and Langton 1999). We believe that it is urgent to promote the use of the suripera net inside the system, as well as to reduce the amount of bycatch from the shrimp trawl net used outside the system. It is also necessary to provide a basis for an ecosystem approach to fisheries management (Gislason *et al.* 2000) because the suripera net does affect the system, even if this impact is much less than that caused by the other two gears. For this, accurate knowledge of discarded quantities is required, as is a better understanding of the discard practices (Rochet *et al.* 2002). There is a strong need for increased sampling and research in this field. At present, the species composition and abundance of many species is being adversely affected.

Acknowledgements

We thank the staff at CRIP Mazatlán and all the fishermen that participated in this study for their assistance during the collection of the samples. We also thank G. Ramírez and C. Suárez for their help during the edition of the final manuscript and E. Glazier for editing the English-language text.

acuerdo con los datos del Centro Regional de Investigación Pesquera-Mazatlán, de 512 t de camarón capturadas en la temporada 2003–2004 en este sistema, aproximadamente sólo 70% (360 t) de la captura es reportada, aproximadamente 60% (310 t) capturada con red suripera y 10% (50 t) con red de arrastre. El restante 30% corresponde a la captura no reportada por redes agalleras y de arrastre, aproximadamente 15% (80 t) para cada arte de pesca. Utilizando los valores mínimos y máximos de la tabla 2 para cada arte de pesca, la red suripera capturaría de 30 a 400 t de peces que son descartados, la red agallera alrededor de 775 t y la red de arrastre de 490 a 720 t. El total de peces descartados en la temporada 2003–2004 podría estar en el orden de 1300 a 1900 t. Aún si 20% de estos peces se utilizara, las toneladas de peces descartados serían de 1000 a 1500 t. Además, hay una cantidad importante de embarcaciones y pescadores furtivos que no reportan su producción, por lo que las toneladas de peces descartados deben de ser mucho mayores tan sólo en este sistema. Es necesario considerar que en otros sistemas lagunares-estuarinos del área se usan las mismas artes de pesca y se presenta esta misma problemática, además de que en algunos como los del estado de Sonora, existe oposición de los pescadores a usar la red suripera y, de acuerdo con el Instituto Nacional de la Pesca, se permite la captura de camarón con red agallera, por lo que las cantidades de peces que se desechan en la pesquería artesanal de camarón deben de ser muy altas.

El descarte de las cantidades de peces estimadas en este trabajo afecta potencialmente la dinámica de los stocks explotados, al igual que los de otras especies de la comunidad (Rochet *et al.* 2000). Los tres artes seguramente tienen un efecto negativo sobre el reclutamiento de muchas especies

debido a que capturan una gran cantidad de individuos pequeños. Las artes de pesca móviles alteran los hábitats del fondo marino (Auster *et al.* 1996). Los artes de pesca de fondo, como la red de arrastre, pueden reducir la complejidad del hábitat al remover la epifauna emergente, aplanando las capas sedimentarias y quitando especies que forman estructuras como los corales y las esponjas (Auster *et al.* 1996, Jennings y Kaiser 1998, Auster y Langton 1999). Desde nuestro punto de vista, es urgente promover el uso de la red suripera dentro del sistema, así como maneras de reducir la cantidad de organismos capturados como fauna de acompañamiento por las redes de arrastre que se utilizan afuera del sistema lagunar. Sin embargo, también es necesario sentar las bases para un manejo de las pesquerías tomando en cuenta al ecosistema (Gislason *et al.* 2000) debido que hay que considerar que la red suripera también tiene efectos en el sistema, aun cuando éstos sean mucho menores a los causados por los otros dos artes de pesca. Para esto, es necesario el conocimiento preciso de las cantidades de peces desechados, así como un mejor conocimiento de las prácticas de descarte (Rochet *et al.* 2002), por lo que es necesario incrementar los muestreos y, en general, profundizar en esta línea de investigación. De momento, la composición y abundancia de las especies es claramente afectada de manera adversa.

Agradecimientos

Agradecemos al personal del Centro Regional de Investigación Pesquera en Mazatlán, y a todos los pescadores que participaron en este estudio, por su ayuda durante la recolección de las muestras. También agradecemos a G. Ramírez y C. Suárez por su ayuda durante la edición del manuscrito, y a E. Glazier por la edición del texto en inglés.

Referencias

- Aguilar-Palomino B, Pérez-Reyes C, Galván-Magaña F, Abitia-Cárdenas LA. 2001. Ictiofauna de la bahía de Navidad, Jalisco, México. *Rev. Biol. Trop.* 49: 173–190.
- Aguilar-Ramírez D, Grande-Vidal JM, Balmori-Ramírez A, Flores-Santillán AA, Arias-Uscanga A, Chávez-Herrera D. 2002. Atarrayas. Capítulo IV. En: Instituto Nacional de la Pesca (ed.), Catálogo de Sistemas de Captura de las Principales Pesquerías Comerciales. SEMARNAP, México, pp. 101–109.
- Allen DM, Barker L. 1990. Interannual variations in larval fish recruitment to estuarine epibenthic habitats. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 63: 113–125.
- Alverson DL, Freeberg MH, Murawski SA, Pope JG. 1994. A global assessment of fisheries bycatch and discards. *FAO Fish. Biol. Tech. Pap.* 339.
- Amezcuca-Linares F. 1996. Peces Demersales de la Plataforma Continental del Pacífico Central de México. 1ª ed. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México.
- Amezcuca-Linares F, Castillo-Rodríguez ZG, Álvarez-Rubio M. 1992. Feeding and reproduction of the sole *Achirus mazatlanus* (Steindachner 1869) in the Agua Brava coastal lagoon system, Mexican Pacific. *An. Inst. Cienc. Mar Limnol. Univ. Nac. Autón. Méx.* 19: 181–194.
- Auster PJ, Langton RW. 1999. The effects of fishing on fish habitat. In: Benaka L (ed.), *Fish Habitat: Essential Fish Habitat and Rehabilitation*. Am. Fish. Soc. Rep. 22, pp. 150–187.
- Auster PJ, Malatesta RJ, Langton RW, Watling L, Valentine PC, Donaldson CLS, Langton EW, Shepard A, Babb IG. 1996. The impacts of mobile fishing gear on seafloor habitats in the Gulf of Maine (Northwest Atlantic): Implications for conservation of fish populations. *Rev. Fish. Sci.* 2: 185–202.
- Balart EF, Castro-Aguirre JL, Torres-Orozco, R. 1992. Ictiofauna de las bahías de Ohuira, Topolobampo y Santa María, Sinaloa, México. *Inv. Mar. CICIMAR* 7: 91–103.
- Baum JK, Meeuwig JJ, Vincent ACJ. 2003. Bycatch of lined seahorses (*Hippocampus erectus*) in a Gulf of Mexico shrimp trawl fishery. *Fish. Bull.* 101: 721–731.
- Clarke KR. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Aust. J. Ecol.*, 18: 117–143.
- Clarke KR, Warwick RM. 1994. *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. 1st ed. Natural Environment Research Council, UK.
- Cushing DH. 1982. *Climate and Fisheries*. 1st ed. Academic Press.
- Folmer O, Pennington M. 2000. A statistical evaluation of the design and precision of the shrimp trawl survey off West Greenland. *Fish. Res.* 49: 165–178.
- Gislason H, Sinclair M, Sainsbury K, O'Boyle R. 2000. Symposium overview: Incorporating ecosystem objectives within fisheries management. *ICES J. Mar. Sci.* 57: 468–475.
- Hernández-Carballo A, Macías E. 1996. La pesquería de camarón en aguas protegidas del Pacífico de México. En: *Pesquerías Relevantes de México. XXX Aniversario del Instituto Nacional de la Pesca*, SEMARNAP, México, Tomo 1, pp. 65–94.
- INP. 1996. La pesquería del camarón en el Pacífico. *Sustentabilidad y pesca responsable en México. Evaluación y manejo 1997–1998*. SEMARNAP, México, pp. 3–48.
- Jennings S, Kaiser MJ. 1998. The effects of fishing on marine ecosystems. *Adv. Mar. Biol.* 34: 1–72.
- Lankford RR. 1977. Coastal lagoons of Mexico: Their origin and classification. In: Wiley M (ed), *Estuarine Processes*. Academic Press, pp. 182–215.
- Madrid-Vera J, Ruiz-Luna A, Rosado-Bravo I. 1998. Peces de la plataforma continental de Michoacán y sus relaciones regionales en el Pacífico mexicano. *Rev. Biol. Trop.* 46: 267–276.
- May RM. 1992. How many species inhabit the earth? *Sci. Am.* 267: 18–24.
- Nagelkerken I, Kleijnen S, Klop T, van den Brand R, de la Moriniere EC, van der Velde G. 2001. Dependence of Caribbean reef fishes on mangroves and seagrass beds as nursery habitats: A comparison of fish faunas between bays with and without mangroves/seagrass beds. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 214: 225–235.
- Pennington M. 1983. Efficient estimators of abundance for fish and plankton surveys. *Biometrics* 39: 281–286.
- Pennington M. 1991. Comments on the robustness of lognormal-based abundance estimators. *Biometrics* 47: 1623.
- Piñón A. 2003. Contribución al conocimiento de la biología de las especies *Hoplopagrus guentherii*, *Lutjanus argentiventris*, *L. colorado* y *L. guttatus* de las bahías de Mazatlán y Santa María la Reforma. Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rochet MJ, Trenkel VM, Poulard JC, Péronnet I. 2000. Using discard estimates for assessing the impact of fishing on biodiversity. *ICES CM 2000/Mini.* 6: 13 pp.
- Rochet MJ, Péronnet I, Trenkel VM. 2002. An analysis of discards from the French trawler fleet in the Celtic Sea. *ICES J. Mar. Sci.*, 59: 538–552.

Recibido en julio de 2004;
aceptado en septiembre de 2005