



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DEL
NOROESTE, S. C.

Programa de Estudios de Posgrado

ECOLOGÍA TRÓFICA Y DINÁMICA POBLACIONAL DE *Scorpaenodes
xyris* (Jordan y Gilbert, 1882) (Scorpaeniformes: Scorpaenidae) EN LA
COMUNIDAD ARRECIFAL DE PECES CRÍPTICOS DE LA BAHÍA DE LA
PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR

T E S I S

Que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales
(Orientación en: Biología Marina)

P r e s e n t a

B.M. Roberto Carlos Romero Ponce

La Paz, B. C. S., diciembre, 2004

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 12:00 horas del día 7 del mes de Diciembre del 2004, se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por la Dirección de Estudios de Posgrado del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., para revisar la Tesis de Grado titulada:

ECOLOGÍA TRÓFICA Y DINÁMICA POBLACIONAL DE *Scorpaenodes xyris* (Jordan y Gilbert, 1882) (Scorpaeniformes: Scorpaenidae) EN LA COMUNIDAD ARRECIFAL DE PECES CRÍPTICOS DE BAHÍA DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR

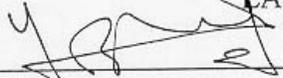
Presentada por el alumno:

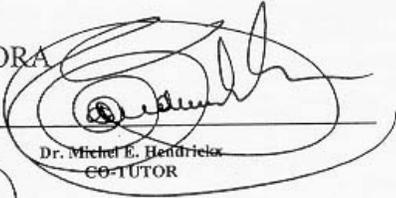
Biól. Mar. Roberto Carlos Romero Ponce

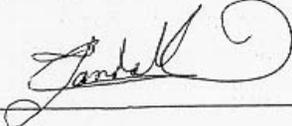
Aspirante al Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACIÓN EN Biología Marina

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron su **APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA


M. en C. Eduardo Balart Páez
DIRECTOR DE TESIS


Dr. Michel E. Henrieta
CO-TUTOR


Dr. Juan Antonio De anda Montañez
CO-TUTOR


Dra. Thelma Rosa Castellanos Cervantes,
DIRECTORA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

DIRECTOR DE TESIS

M. en C. Eduardo Balart Páez
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.

COMITÉ TUTORIAL

Dr. Michel E. Hendrickx Reners
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM-Mazatlán

Dr. Juan Antonio De Anda Montañez
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.

COMITÉ REVISOR DE TESIS

M en C. Eduardo Balart Paéz
Dr. Juan Antonio De Anda Montañez
Dr. Michel E. Hendrickx Reners

JURADO DE EXAMEN

M en C. Eduardo Balart Paéz
Dr. Juan Antonio De Anda Montañez
Dr. Michel E. Hendrickx Reners

SUPLENTE

Dr. Felipe Galván Magaña
IPN-CICIMAR

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y tecnología (CONACYT) por el apoyo económico otorgado mediante una Beca durante el desarrollo de los estudios de Maestría. Además, no es sólo agradecer el sostén económico, sino también reconocer la gran importancia de su estructura en la investigación en México.

Al M. en C. Eduardo F. Balart Páez por permitirme tomar parte en su proyecto de peces arrecifales crípticos, apoyo logístico y académico, y la dirección de este trabajo. Al Dr. Michel E. Hendrickx y al Dr. Juan Antonio De Anda Montañez, por sus consejos, ayuda teórica y práctica en sus campos de competencia, y por dedicarme esos minutos de su tiempo para el mejoramiento de mi trabajo.

Al Departamento de Postgrado del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste por todo el apoyo, y por contribuir con su trabajo a mi preparación profesional.

A la M. en C. Lucia Campos Dávila por su apoyo en el laboratorio de Ictiología del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.

Al personal del Laboratorio de Invertebrados Bentónicos de la UNAM - Unidad Académica Mazatlán, por permitirme realizar mi estancia de investigación.

Al equipo del proyecto de peces crípticos y grupo técnico de Embarcaciones del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, especialmente a Horacio Bervera León, Juan José Ramírez Rosas, Mario Cota, Alonso González Cabello, Edgar S. Amador Silva, Manuel Calderón Parra, y Alfredo Zayas Álvarez, por el apoyo brindado en la obtención de las muestras.

Y a todos y cada una de las personas que intervinieron directa o indirectamente en la realización de este trabajo.....Gracias.

DEDICATORIA

A mis Padres,

A mis Hermanas.....,

A mis Sobrinas.... por ser ustedes realmente todo lo que tengo.

A ti, por escribir tu historia sin cuerpo ni alma tan sólo con esa gota de amor que a veces te hiere y, sobre todo, por ser tú quien me da la felicidad de vivir.

Y a mis amigos.....

RESUMEN

Las comunidades de peces son un componente ecológico clave que contribuye a la gran diversidad que presentan los arrecifes. Entre ellos tenemos a los peces crípticos, llamados así por ser muy poco evidentes al observador debido a que son generalmente de reducido tamaño, permanecen ocultos la mayor parte del tiempo, o se mimetizan con su entorno. Sus características y las dificultades metodológicas para su estudio, han originado un gran desconocimiento de su dinámica y de su rol ecológico en los arrecifes. La importancia del conocimiento de este grupo radica en su gran diversidad y endemismo en los arrecifes rocosos del golfo de California. Los estudios pioneros realizados dentro de la bahía de La Paz indican que *S. xyris* es una de las especies crípticas más abundante y frecuente en los arrecifes rocosos. Los ejemplares utilizados en el presente estudio se obtuvieron de varias localidades, costeras e insulares, como El Portugués, Los Callos, Las Ánimas, San Gabriel, La Ballena y Los Islotes. Los organismos se recolectaron bimensualmente en los años 2000 y 2001 en dos microhábitats, cabezas de coral y paredes rocosas, utilizando el anestésico quinaldina. Para la evaluación del espectro trófico se extrajo el tracto digestivo de 270 peces, se identificó y cuantificó cada una de las presas, y con base en esta información se realizó su análisis. Se encontró que *S. xyris* se alimenta principalmente de crustáceos. Las presas que se encontraron en mayor proporción corresponden al grupo de los camarones de las familias Alpheidae, Palaemonidae, Processidae, Hippolytidae, Pandalidae, y al de los cangrejos de las familias Porcellanidae y Xanthidae *sensu lato*. En menor proporción, dentro de este grupo, se presentaron los anfípodos, misidáceos y estomatópodos. El grupo de peces se encontró representado por algunas de las especies de las familias Tripterygiidae y Gobiidae, aunque su frecuencia de aparición fue muy baja. De acuerdo a los hábitos alimentarios encontrados *S. xyris* es clasificado como un carnívoro especialista. No se encontraron diferencias significativas en los hábitos alimentarios entre ambientes, rocoso y coralino, pero si entre las tallas del depredador. Por otro lado, se estimaron los parámetros poblacionales como crecimiento y mortalidad mediante la aplicación del programa ELEFAN I. Se emplearon diferentes métodos para la estimación de la tasa de mortalidad (i.e., curva de captura convertida a tallas, los métodos de Jones y Van Zalinge, Beverton y Holt, Powell-Wetheral, Aula y Ehrhard, y la fórmula empírica de Pauly). Las tasas de mortalidad obtenidas presentaron valores de 0.85 a 1.38 año⁻¹. Las longitudes teóricas máximas estimadas para *S. xyris* fueron de 81-83 mm, con una tasa de crecimiento de 0.21 y 0.25 año⁻¹. Se registraron oscilaciones en el crecimiento con un valor de 0.1 a 1. El menor crecimiento se registró en los meses de agosto y mayo. Se concluye que *S. xyris* es un componente relevante en la comunidad críptica de los arrecifes rocosos y coralinos por su abundancia, nivel trófico y, además, por presentar un crecimiento lento y una baja mortalidad natural.

Palabras clave: peces, crecimiento, mortalidad natural, *Scorpaenodes xyris*, hábitos alimentarios, arrecifes rocosos.

M. en C. Eduardo Balart Páez
Director de Tesis

ABSTRACT

The fish community is a key ecological component contributing to the diversity of coral reefs. This community is characterized by conspicuous and vividly colored fish and by so-called cryptic fish. Cryptic reef fish have been underestimated in most community ecological studies because of several factors: small size, shy behavior and hiding most of the time, and protective texture or coloration to match their habitat or a combination of these characteristics. For the same reasons, knowledge of their biology is scarce. In the Gulf of California, cryptic species are important because of their diversity. Most are endemic to the reefs in the Gulf. The rainbow scorpion fish *Scorpaenodes xyris* is a small fish occurring among shallow rocky reefs from California to Peru. A recent study, designed to describe community structure of cryptic fish associated with coral heads (*Pocillopora* spp.) and rocky walls in the southwestern Gulf of California, showed the rainbow scorpionfish to be present throughout the year. Additionally, it is one of three dominant species. The functional importance of this species in the reef community is unknown. To gain insight concerning this species, its feeding habits in both microhabitats was studied. Bi-monthly samples were collected from 2000 to 2001, using the anesthetic quinaldine for capturing specimens on isolated coral heads and rocky walls at several sites (El Portugués, Los Callos, Las Ánimas, San Gabriel, La Ballena, and Los Islotes in Bahía de La Paz in the southwestern part of the Gulf of California. The collected specimens (270) were dissected and their stomachs removed. Prey items were separated and identified to the lowest taxon possible. The food habits of *S. xyris* consisted mainly of shrimp belonging to the families Processidae, Hippolytidae, Alpheidae, Palaemonidae, and Pandalidae, and crabs belonging to the families Porcellanidae and Xanthidae *sensu lato*. Amphipods, mysidaceans, and polychaetes worms were found in low frequency. Also, fish belonging to the families Tripterygiidae and Gobidae were part of their diet. This species was considered a carnivorous predator specialist based in its diet. Growth parameters and mortality rates were calculated by the application of the ELEFAN I method. The total instantaneous mortality rates were estimated by length-converted catch curve methods, Jones and Van Zalinge, Beverton and Holt, Powell-Wetheral, Aula and Ehrhard. Natural mortality rates were estimated by the empirical formula of Pauly (1980). The maximum body size was 81 to 83 mm with a growth coefficient of 0.21 and 0.25. The values of seasonal oscillating growth were 0.1 to 1. The computed value of the Winter point index indicates that the lowest growth rate occurs between August and May. Based on the original growth parameters, the estimated instantaneous mortality rate ranged from 0.85 to 1.38 per year.

Keywords: fishes, growth, natural mortality, *Scorpaenodes xyris*, food habits, rocky reefs.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	3
3. JUSTIFICACIÓN.....	6
4. OBJETIVOS.....	7
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	7
4.1.2. OBJETIVOS PARTICULARES:.....	7
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
5.1. ÁREA DE ESTUDIO	7
5.2 METODOLOGÍA.....	9
5.2.1 RECOLECCIÓN DE ORGANISMOS	9
5.2.2 MANEJO DE LOS ORGANISMOS EN EL LABORATORIO	10
5.2.3 ANÁLISIS DEL CONTENIDO ESTOMACAL.....	10
5.2.4. ATRIBUTOS TRÓFICOS	12
5.2.4.1. FRECUENCIA DE APARICIÓN EXPRESADA EN PORCENTAJE (%FA)	12
5.2.4. 2. TALLA Y ALIMENTICIÓN DIFERENCIAL	12
5.2.4.3. ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA (IVI)	13
5.2.4.4. AMPLITUD DE NICHOS TRÓFICO	13
5.2.4.4.1 ÍNDICE DE LEVINS.....	14
5.2.4.5 SUPERPOSICIÓN DE NICHOS ECOLÓGICO	15
5.2.5 DINÁMICA POBLACIONAL	16
5.2.5.1 FRECUENCIA DE TALLAS	16
5.2.5.2 ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CRECIMIENTO	17
5.2.5.2.1 LA TÉCNICA COMPUTACIONAL ELEFAN I	17
5.2.5.3 ESTRUCTURA DE EDADES RELATIVAS DE LA POBLACIÓN	18
5.2.5.4 RELACIÓN TALLA-PESO.....	19
5.2.5.5 MORTALIDAD.....	20
5.2.5.6 ESTIMACIÓN DE LA MORTALIDAD.....	21
5.2.5.7 MODELOS BASADOS EN DATOS DE LA COMPOSICIÓN POR TALLAS PARA LA ESTIMACION DE LA MORTALIDAD TOTAL.....	21
5.2.5.7.1 CURVA DE CAPTURA LINEALIZADA, BASADA EN DATOS DE LA COMPOSICIÓN POR TALLAS.....	21
5.2.5.7.2 ECUACIÓN DE JONES Y VAN ZALINGE (1981).....	22
5.2.5.8 MODELOS BASADOS EN LA ESTIMACIÓN DE Z A PARTIR DE LA LONGITUD MEDIA DE LA FRECUENCIA DE TALLAS.....	23
5.2.5.8.1 ECUACIÓN DE Z DE BEVERTON Y HOLT (1956), BASADA EN LAS TALLAS.....	23
5.2.5.8.2 MODELO DE AULT Y EHRHARD (1991)	24
5.2.5.9 MODELOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA TASA DE MORTALIDAD NATURAL	24
5.2.5.9.1 FÓRMULA EMPÍRICA DE PAULY (1980)	24
6. RESULTADOS	25
6.1 ASPECTOS TRÓFICOS	25
6.1.1 DETERMINACIÓN GENERAL DEL ESPECTRO TRÓFICO.....	25
6.1.2 TALLA Y ALIMENTICIÓN DIFERENCIAL.....	28
6.1.3 ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA	29

6.1.4 DETERMINACIÓN GENERAL DE LA AMPLITUD DE NICHOS ECOLÓGICOS	31
6.1.5 HÁBITOS ALIMENTARIOS DE <i>Scorpaenodes xyris</i> EN CABEZAS DE CORAL Y PAREDES ROCOSAS	31
6.1.5.1 ESPECTRO TRÓFICO DE <i>S. xyris</i> EN CABEZAS DE CORAL	32
6.1.5.2 DETERMINACIÓN DE LA AMPLITUD DE NICHOS ECOLÓGICOS DE <i>S. xyris</i> EN CABEZAS DE CORAL	33
6.1.5.3 ESPECTRO TRÓFICO DE <i>S. xyris</i> EN PAREDES ROCOSAS	33
6.1.5.4 DETERMINACIÓN DE LA AMPLITUD DE NICHOS ECOLÓGICOS EN PAREDES ROCOSAS	33
6.1.6 DIETAS SIMILARES EN AMBIENTES DIFERENTES	34
6.1.7 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS PRESAS	34
6.2. ASPECTOS POBLACIONALES.....	36
6.2.1 DISTRIBUCIÓN DE TALLAS DE <i>S. xyris</i>	36
6.2.2 ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CRECIMIENTO	40
6.2.3 EDADES RELATIVAS DE LA POBLACIÓN.....	42
6.2.4 RELACIÓN FUNCIONAL TALLA-PESO.....	43
6.2.5 MORTALIDAD.....	43
7. DISCUSIÓN.....	45
7.1 ECOLOGÍA TRÓFICA.....	45
7.2 DINÁMICA POBLACIONAL	51
8. CONCLUSIONES	54
9. LITERATURA CITADA	55
ANEXO I.....	70
ANEXO II. ELENCO SISTEMÁTICO	77

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Esquema de las localidades de muestreo ubicadas dentro y en áreas adyacentes a la bahía de La Paz.....	8
Fig. 2. Frecuencia de aparición (%) de los grupos de organismos encontrados en el espectro trófico de <i>S. xyris</i>	27
Fig. 3. Frecuencia de aparición de las presas en los estómagos de <i>S. xyris</i> a determinada talla.....	29
Fig. 4. Frecuencia de aparición (%) de los grupos componentes del espectro trófico de <i>S. xyris</i> en cabezas de coral.....	32
Fig. 5. Frecuencia de aparición (%) de los diferentes grupos de alimento de <i>S. xyris</i> en paredes rocosas.....	34
Fig. 6. Ejemplares de las especies de crustáceos que componen el espectro trófico de <i>S. xyris</i>	35
Fig. 7. Especies de peces que forman parte de la dieta de <i>S. xyris</i>	36
Fig. 8. Distribuciones de frecuencias de tallas de los ejemplares de <i>S. xyris</i> recolectados en el año 2000.	38
Fig. 9. Distribuciones de frecuencias de tallas de los ejemplares de <i>S. xyris</i> recolectados en el año 2001.	39
Fig.11. Curva de crecimiento con base en las edades relativas de <i>S. xyris</i>	42
Fig. 12. Relación peso-talla para <i>S. xyris</i> en paredes rocosas y cabezas de coral.....	43
Fig. 13. Curva de captura linearizada para la estimación de la mortalidad total (Z) de <i>S. xyris</i>	44
Fig. 14. Curva de captura acumulada de Jones y van Zalinge para la estimación de Z de <i>S. xyris</i>	45

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Porcentaje de estómagos registrados de acuerdo a la clasificación basada en la presencia y el estado de degradación de su contenido.....	26
Tabla II. Familias y especies identificadas en el contenido estomacal de <i>S. xyris</i>	28
Tabla III. Valores del índice de importancia (IVI) para los grupos tróficos que componen la dieta de <i>S. xyris</i> en forma general, en cabezas de coral y paredes rocosas.....	31
Tabla IV. Número de individuos, valores promedios, máximos y mínimos de las tallas (longitud estándar, LE) de <i>S. xyris</i> registradas en cada uno de los meses del año 2000.....	37
Tabla V. Número de individuos, valores promedios, máximos y mínimos de las tallas de <i>S. xyris</i> registradas en cada uno de los meses del año 2001.....	40
Tabla VI. Parámetros de crecimiento de la curva de von Bertalanffy estimados a partir de las frecuencias de tallas de <i>S. xyris</i> obtenidas en los años 2000 y 2001.....	41
Tabla VII. Mortalidad total (Z=M) y natural de <i>S. xyris</i> estimada a partir de los diferentes métodos aplicados	44

1. INTRODUCCIÓN

Los arrecifes son los ecosistemas acuáticos más diversos del sistema marino y se encuentran a lo largo de cientos de costas alrededor del mundo. En los arrecifes coralinos, se ha estimado que aproximadamente 93,000 especies han sido descritas; sin embargo, éstos probablemente soporten 10 veces más este número (Huston, 1998; Hawkins et al., 2000). Las comunidades de peces arrecifales contribuyen, en gran medida, a la diversidad que presentan estos ecosistemas marinos, las cuales se encuentran entre las más diversas de los vertebrados del Mundo (Lowe-McConnell, 1987; Choat y Bellwood, 1991; Caley, 1995).

Un gran número de especies ícticas, a veces de cientos de ellas, de variadas formas, tamaños y colores, se encuentran en áreas relativamente pequeñas dentro del arrecife. Esta alta diversidad hace, a veces, difícil la identificación y cuantificación de las comunidades de peces arrecifales (Ackerman y Bellwood, 2000). Además, las cosas se complican aún más al considerar a los peces crípticos del arrecife, los cuales por su tamaño, coloración, y/o comportamiento pasan desapercibidos, y generalmente son subestimados cuantitativamente, o son erróneamente identificadas en la mayoría de los censos visuales (Brock, 1982; Ackerman y Bellwood, 2000; Willis, 2001). Por el contrario, las especies conspicuas por su coloración y ubicación en el arrecife no presentan estos problemas.

Las características de las especies de peces crípticos y, en general, el poco interés en su estudio excepto el taxonómico, derivado principalmente por las dificultades técnicas para abordar su

estudio ecológico, se ha traducido en una falta de información acerca de la dinámica comunitaria de este grupo. Esta situación prevalece a escala mundial así como en el golfo de California.

En el golfo de California se han registrado cerca de 872 especies de peces. De éstas, un total de 281 especies distribuidas en 44 familias son consideradas arrecifales (Castro-Aguirre et al., 1995; Thomson et al., 2000). A diferencia de otras áreas del planeta como la Gran Barrera de Coral en Australia o el Caribe, la mayoría de los arrecifes en el golfo de California son rocosos, presentándose escasa cobertura de coral y generalmente en forma de parches o cabezas aisladas (Sala et al., 2002). Esto significa que, si bien los arrecifes ya son hábitat escasos, los de coral son prácticamente hábitat críticos con la excepción de Cabo Pulmo y Los Frailes en el sur del golfo de California (Brusca y Thomson, 1975; Castro-Aguirre et al., 1995; Thomson et al., 2000;).

La importancia del conocimiento de este grupo radica primeramente en la gran diversidad que presentan en los arrecifes, siendo el grupo de peces que mayor porcentaje de especies endémicas registra en el golfo de California (Thomson y Gilligan, 1983; Thomson et al., 2000). En términos ecológicos se presume una gran importancia, especialmente en cuanto a transferencia energética en los arrecifes, ya que son un eslabón entre las escalas micro y macro de los peces conspicuos.

Entre las conclusiones relevantes de los pocos estudios realizados en el 2002 y 2003 destacan que son pocas las especies dominantes y, en particular, que *Scorpaenodes xyris* (Jordan y Gilbert, 1882) es una de las especies crípticas más abundante asociada a las cabezas de coral y a las paredes rocosas en los arrecifes de la región (Balart et al., 2002 a,b; Romero-Ponce, 2002;

González-Cabello, 2003). Dentro de la comunidad, esta especie ha de estar involucrada en complejas interacciones y procesos, los cuales suponemos pueden afectar a la comunidad y ser afectados por ésta. Las interacciones incluyen las relaciones predador-presa, competencia y las actividades reproductivas. Los procesos incluyen el flujo de energía y nutrientes a través de una red trófica (Wootton, 1998). Por lo tanto se estima que el estudio de los aspectos tróficos y poblacionales de esta especie generará el punto de partida para el entendimiento de la dinámica comunitaria de los peces críticos arrecifales especialmente en ambientes críticos.

Para investigar las relaciones y los procesos entre todas las especies presentes en el arrecife es necesario realizar un estudio a largo plazo que involucre el desarrollo de varias etapas, empezando, como es el caso de este estudio, con las especies dominantes presentes en el arrecife (Giulio et al., 2002).

2. ANTECEDENTES

A nivel mundial, la mayor parte de los estudios relacionados con comunidades de peces arrecifales se han desarrollado principalmente en ambientes coralinos en Australia, Mar Rojo, y Mar Caribe. Así, por ejemplo, en la Gran Barrera de Arrecifes de Coral de Australia se han abordado diversos estudios acerca de la estructura de la comunidad, su variación temporal, los patrones de distribución de las especies, y la influencia del sustrato sobre la abundancia y diversidad de las especies (Abderson et al., 1981; Sale y Douglas, 1984; Williams, 1982, 1986). En el Mar Rojo tenemos los trabajos de Callum y Ormond (1987), elucidando la correlación entre la complejidad

estructural del hábitat y la diversidad y la abundancia de los peces arrecifales. En el Caribe, los estudios se han enfocado a determinar el papel que juegan los peces herbívoros en la organización de la comunidad (Lewis, 1986; Choat et al., 2002), así como en la competencia inter-específica de las especies por el territorio (Draud et al., 1990), y en la comunidad en general (Gladfelter y Gladfelter, 1978; Gladfelter et al., 1980; Alevizon et al., 1985). Los trabajos más recientes a nivel mundial que abordan las relaciones tróficas y los hábitos alimentarios de algunas de las especies crípticas dentro de los arrecifes coralinos, destacan los realizados por Harmelin et al. (1989), Pallaoro y Jardas (1991), Morten et al. (2001), Manane y Bellwood (2002), Depczynski y Bellwood (2003).

A nivel de ecología comunitaria de los conjuntos ictiofaunísticos en el golfo de California tenemos el trabajo de Pérez-España et al. (1996), quienes estudiaron las variaciones de la diversidad y la estructura comunitaria de los peces arrecifales en varias localidades del complejo insular Espíritu Santo y una peninsular. Sánchez et al. (1997) presentan un listado y la importancia relativa de los peces arrecifales de varias localidades insulares de la bahía de La Paz. La importancia de la localización (expuesta o protegida), así como del tamaño de los islotes sobre la diversidad y abundancia fue explorada por Arreola-Robles y Elorduy-Garay (2002) en el complejo insular de Espíritu Santo. Jiménez (1999) evaluó la abundancia y la estructura comunitaria en Isla Cerralvo, al sur del área de la bahía de La Paz. Por su parte, Aburto-Oropeza y Balart (2001) analizaron las relaciones entre la diversidad y la abundancia de las especies ícticas en diferentes hábitats y su variación temporal en Los Islotes, la cual es una pequeña isla asociada al complejo insular Espíritu Santo. En ninguno de los estudios mencionados, sin embargo, se aborda específicamente a los peces crípticos de estas áreas arrecifales, con la notable excepción del trabajo

pionero de Thomson y Gilligan (1983), quienes utilizaron rotenona en sus muestreos, y el trabajo realizado por Kotrschal y Thomson (1986), el cual se enfocó en los patrones de alimentación de 34 especies de blénidos.

Existen, asimismo, algunos estudios autoecológicos de algunas especies arrecifales del Golfo de California, como el de Arellano-Martínez et al. (1999) acerca de la biología reproductiva de *Holacanthus passer* (Valenciennes, 1846); los estudios de comportamiento reproductivo en algunas especies de Chaenopsidae por Hastings (1988a, 1988b, 1991), los de alimentación y comportamiento alimentario de Hobson (1968) en el sur del golfo de California en decenas de peces arrecifales, el de Pérez-España y Abitia-Cárdenas (1996) en el ángel rey y ángel de Cortés, y los de Montgomery (1980) y Montgomery et al. (1980) sobre herbivoría; el de Aburto-Oropeza et al. (2000) acerca del comportamiento de coprofagia en el ángel rey. Reyes-Bonilla y Calderón-Aguilera (1999) analizaron la tasa de consumo de *Arothron meleagris* (Matsuura, 1984) y su influencia en la comunidad coralina en Cabo Pulmo; Paredes-Ríos (2000) sobre reclutamiento de *Bodianus diplotaenia* (Gill, 1862), *Sufflamen verres* (Gilbert y Starks, 1904), *Holacanthus passer* (Valenciennes, 1846), y *Stegastes rectifraenum* (Gill, 1862) en Los Islotes, en la Bahía de La Paz. Molles (1979) realizó un estudio interesante, analizando la evolución de la comunidad y las temporadas de establecimiento en arrecife rocoso y artificial en las cercanías de Guaymas, Sonora en el golfo central.

Los estudios de edad, crecimiento y mortalidad se han enfocado hacia el conocimiento de la dinámica de la fauna íctica conspicua de los arrecifes. Los trabajos que destacan son los realizados por Hart y Russ (1996), Choat y Axe (1996), Rocha-Olivares (1997), Manick-heileman y Phillip

(1999). Otro de los aspectos abordados es la validación de la periodicidad en el crecimiento de los otolitos, el cual ha sido realizado por Newman-stephen et al. (1996), Cappo et al. (2000), Pilling et al. (2000) y Choat et al. (2003). Estos trabajos, en su conjunto, se han realizado principalmente para el estudio de las familias Acanthuridae, Lutjanidae y Sparidae, las cuales tienen importancia pesquera y se presentan en abundancia dentro de los arrecifes. Por otro lado, los trabajos de Iglesias et al. (1997) y Hernaman et al. (2000), analizaron la validación en el crecimiento de los otolitos de algunas especies de góbidos, y el de Schwamborn y Ferreira (2002) en el cual se reporta la estructura de edades y el crecimiento de *Stegastes fuscus* (Cuvier y Valenciennes, 1830), son los pocos trabajos en los cuales se han estudiado las especies crípticas.

3. JUSTIFICACIÓN

La importancia del presente trabajo radica en la generación de información relevante acerca de la dinámica poblacional de una especie dominante y su influencia en la estructuración de las comunidades de peces crípticos, un grupo de peces relativamente desconocidos por su tamaño, comportamiento, y por la falta de métodos adecuados de muestreo, tanto a escala mundial como en el golfo de California. Ésta tesis proporcionará información sobre la dinámica trófica y poblacional que presenta *Scorpaenodes xyris* dentro de la comunidad de peces arrecifales de la bahía de La Paz, B. C. S., la cual se integró a los conocimientos hasta hoy generados para poder entender las relaciones dentro de la comunidad de peces crípticos, la relación que presenta la comunidad de peces crípticos y conspicuos, así como también el conocimiento de la comunidad de peces arrecifales en general.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer la dinámica poblacional y trófica de *Scorpaenodes xyris* en los arrecifes de la bahía de La Paz, B. C. S., México.

4.1.2. OBJETIVOS PARTICULARES:

- Discernir los hábitos alimentarios de *Scorpaenodes xyris* a través de su espectro trófico.
- Establecer las diferencias y similitudes de los hábitos alimentarios de acuerdo al microhábitat de *S. xyris*.
- Determinar los parámetros poblacionales (edad, crecimiento y mortalidad) de *S. xyris*.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. ÁREA DE ESTUDIO

El grupo de ejemplares utilizados para la obtención de los datos provienen de diferentes sitios ubicados dentro y en algunas zonas próximas a la bahía de La Paz, la cual se encuentra localizada al suroeste del Golfo de California, entre los 24° 06' y 24° 47' latitud norte y los 110° 18' y los 110° 47' longitud oeste, con un área aproximada de 2000 km². Su área se limita al norte por la localidad denominada El Mechudo y el extremo meridional de la isla San José; al sur por la barrera arenosa llamada El Mogote; al este por un par de islas que le proporcionan protección, el complejo

insular Espíritu Santo-La Partida, y al oeste la cercan abanicos aluviales costeros al pie de la Sierra de La Giganta (Contreras, 1985; Moreno, 1996).

Las localidades visitadas son conocidas como: El Portugués, Las Ánimas, San Dieguito, San Francisquito, Puerto Mejía, Punta Lobos, El Cayo, Punta Diablo, San Evaristo y el complejo insular Espíritu Santo-La Partida, en este último se encuentran tres sitios de muestreo: la bahía San Gabriel y las islas denominadas La Ballena y Los Islotes (Fig. 1).



Fig. 1. Esquema de las localidades de muestreo ubicadas dentro y en áreas adyacentes a la bahía de La Paz, B.C.S. 1) El Portugués, 2) San Francisquito, 3) Los Islotes, 4) Puerto Mejía, 5) Punta Diablo, 6) Punta Lobos, 7) San Gabriel, 8) La Ballena, 9) Las Animas, 10) San Dieguito, 11) El Cayo, 12) San Evaristo.

Las diferentes localidades de muestreo presentan, en general, características arrecifales de tipo rocoso, con presencia de cabezas de coral de diferentes tamaños, aisladas y/o formando aglomerados de cierta extensión, las cuales pertenecen principalmente a la especie *Pocillopora elegans* (Dana, 1846), y parches de zona arenosas con playa de piedra bola con o sin abundante presencia de *Sargasum sp* estacionalmente. Además, se observan paredes rocosas de diferentes dimensiones.

5.2. METODOLOGÍA

5.2.1. RECOLECCIÓN DE ORGANISMOS

Los muestreos se realizaron mensual o bimestralmente dentro o en áreas adyacentes a la bahía de La Paz, B.C.S., desde junio del 2000 hasta junio 2001, cubriendo de esta forma un ciclo anual. Para la obtención de los organismos, en ambos hábitats, se utilizó el anestésico llamado quinaldina. Los ejemplares provenientes de las cabezas de coral se obtuvieron cubriendo a los organismos calcáreos con una bolsa de tela y plástico transparente (sostenida por dos buzos SCUBA), con cierre inferior, y con rendijas para la aplicación del anestésico. Luego de la aplicación del anestésico, los peces se recolectaron con redes manuales y se colocaron en bolsas de plástico transparente. En la recolección de los organismos presentes en las paredes rocosas se siguió, en general, el mismo procedimiento empleado en la obtención de los organismos del hábitat coralino. La principal modificación consistió en la delimitación del área de muestreo por medio de cuadrantes (4 m²), debido a la dificultad práctica de cubrir el área con bolsas. Los organismos adormecidos fueron fijados con formaldehído al 10%, cuidando de etiquetar las bolsas con los siguientes datos: localidad, fecha, hora, profundidad, micro-hábitat y número de colecta.

5.2.2. MANEJO DE LOS ORGANISMOS EN EL LABORATORIO

En el momento de la recolección de los organismos se obtuvieron distintas especies de peces crípticos. Utilizando literatura general y especializada (e.g., Allen y Robertson, 1994; Fischer et al., 1995b; Thomson et al., 2000), se separaron las diferentes especies y se identificaron los individuos que pertenecían a la especie objeto de estudio, a *Scorpaenodes xyris*. Los ejemplares obtenidos de la especie de interés se clasificaron como provenientes de cabezas de coral o paredes rocosas. Se registró el peso de cada uno de los organismos con una balanza digital Ohaus (0.01 g de precisión) y se midió la longitud total (LT) y patrón (LP) con la mayor precisión posible (± 1 mm), utilizando un vernier o pie de rey digital Mitutoyo.

5.2.3. ANÁLISIS DEL CONTENIDO ESTOMACAL

Con la finalidad de analizar el comportamiento alimentario de esta especie en el transcurso de su crecimiento, se utilizó la longitud total como base para construir 6 intervalos de talla de 10 mm (10 mm a ≥ 60 mm). De cada uno de los grupos generados, se seleccionaron al azar aproximadamente 20 individuos.

Los peces se disectaron con la ayuda de un bisturí. El tracto digestivo se extrajo cuidadosamente, bajo la lente de un microscopio estereoscopio, debido a su tamaño y a la fragilidad de su contenido. Luego de obtener el sistema digestivo del pez, se abrió el estómago y se colocó su contenido en una caja de Petri, la cual contenía una pequeña cantidad de agua. Posteriormente, la

muestra se revisó exhaustivamente bajo la lente del microscopio estereoscopio. Una vez separados los cuerpos completos de las presas o partes de ellos, se guardaron en viales conteniendo una pequeña cantidad de formaldehído al 10%. La identificación de los componentes alimentarios se realizó hasta el menor nivel taxonómico posible, utilizando literatura acorde al grupo taxonómico de la presa problema (i.e., Hendrickx, 1995a,b,c,d; Poss, 1995; Hendrickx y Salgado-Barragán, 1991; Fischer et al., 1995; Hendrickx, 1997; Hendrickx y Estrada-Navarrete, 1996; Brusca, 1980; Thomson et al., 2000) y la consulta a especialistas.

Los estómagos obtenidos se clasificaron de acuerdo a la presencia y al estado de degradación de su contenido. Se incluyeron cuatro categorías, las cuales se definieron como:

- 1) Estómagos vacíos (**EV**): No presentaban ningún tipo de contenido físico.
- 2) Estómagos con organismos identificables (**COI**): El estado de degradación de la presa permitía identificarla a nivel de especie o clasificarla en algún grupo taxonómico mayor.
- 3) Estómagos con materia orgánica no identificable (**MONI**): Presentaban únicamente materia orgánica
- 4) Estómagos con restos de crustáceos (**CRC**): Presentaban algún tipo de estructura característica de este grupo, por ejemplo, quelas, caparazón, antenas o segmentos abdominales.

5.2.4. ATRIBUTOS TRÓFICOS

5.2.4.1. FRECUENCIA DE APARICIÓN EXPRESADA EN PORCENTAJE (%FA)

La frecuencia de aparición es el número de estómagos en los cuales un tipo de presa se presentó y es expresado como el porcentaje del número total de estómagos no vacíos. Este porcentaje se utilizó para describir de forma general el espectro trófico de *S. xyris*. El valor se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$FA\% = \left(\frac{NEP}{NEE} \right) * (100) \quad (1)$$

donde:

FA%= Frecuencia de aparición de un tipo de grupo trófico expresado en tantos por cientos

NEP= Número de estómagos en el cual se encontró algún tipo de presa

NEE= Número de estómagos examinados no vacíos

De esta manera se estimó la proporción de la población que prefiere un tipo de alimento dado y es referido como frecuencia de aparición.

5.2.4. 2. TALLA Y ALIMENTICIÓN DIFERENCIAL

la preferencia de *S. xyris* por alguna presa a una determinada longitud se analizó mediante el registro de la frecuencia de aparición cada una de las presas en particular en cada uno de los intervalos de talla del depredador.

5.2.4.3. ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA (IVI)

Para obtener una estimación de la preferencia que presenta la especie por un determinado tipo de presa se utilizó el índice del valor de importancia (IVI). Este incluye en su cálculo el número de grupos de presa y su distribución espacial. El índice puede tomar un valor máximo de 200, y está dado por el valor de cada presa como porcentaje del total de la matriz (A%), y la frecuencia (número de estaciones cuyo valor es mayor que cero) con respecto al total de frecuencias para todas ellas (F%).

$$IVI = A\% + F\% \quad (2)$$

5.2.4.4. AMPLITUD DE NICHOS TRÓFICOS

Se determinó la amplitud del nicho ecológico de *S. xyris* mediante el índice de Levins. Algunos animales son más especialistas que otros, y el índice de la amplitud de nicho trófico trata de medir esta característica de una forma cuantitativa. Este aspecto también es conocido como talla del nicho. La amplitud de nicho puede ser medida por la observación de la distribución de organismos dentro de un grupo de recursos.

5.2.4.4.1. ÍNDICE DE LEVINS

Levins (1968) propuso que la amplitud de nicho puede ser estimada mediante la medición de la uniformidad de la distribución de individuos entre los recursos. Se calcula de la siguiente forma:

$$B = \frac{1}{\sum P_j^2} \quad (3)$$

Esta fórmula también puede ser escrita como:

$$B = \frac{y^2}{\sum N_j^2} \quad (4)$$

donde:

B_A = Índice de amplitud de nicho de Levins

P_j = fracción de las presas de la dieta de la categoría j o colocados en la categoría j

(estimado por $\frac{N_j}{y}$) ($\sum P_j = 1.0$).

N_j = número de individuos que consumieron la presa j

$Y = \sum N_j$ = Número total de individuos en la muestra

El intervalo de B va desde 1 a n , donde n es el número total de presas (Krebs, 1998)

La amplitud de nicho se puede estandarizar para expresarlo en una escala de 0 a 1.0, y facilitar su manejo. Esto se realizó al aplicar la siguiente fórmula al índice de Levins:

$$B_A = \frac{B - 1}{n - 1} \quad (5)$$

donde:

B_A = Índice estandarizado de amplitud de nicho de Levins'

B = índice de amplitud de nicho de Levins

n = número de presas posibles

Si los valores obtenidos del Índice de Levins estandarizado son < 0.6 , significa que la dieta analizada presenta una baja diversidad de presas. Se puede caracterizar a la especie bajo estudio como un depredador especialista. Por otro lado, los valores > 0.6 se indican que la especie muestra hábitos alimentarios generalistas (Krebs, 1998; Cruz-Escalona et al., 2000).

5.2.4.5. SUPERPOSICIÓN DE NICHOS ECOLÓGICOS

El índice de Morisita simplificado o índice de Morisita-Horn se utilizó para determinar el grado de similitud de la dieta de *S. xyrís* en organismos pertenecientes a hábitats diferentes (paredes y coral). La propuesta de este índice fue hecha por Horn (1996) y discutida por Krebs (1999).

$$C_H = \frac{2 \sum X_{ij} X_{jk}}{\left[\left(\frac{\sum X_{ij}^2}{N_j^2} \right) + \left(\frac{\sum X_{ik}^2}{N_k^2} \right) \right] N_j N_k} \quad (6)$$

donde:

C_H = índice de similaridad de Morisita simplificado.

X_{ij}, X_{jk} = número de individuos de la especie i en la muestra j y la muestra k .

$N_j = \sum X_{ij}$ = número total de individuos en la muestra j .

$N_k = \sum X_{ik}$ = número total de individuos en la muestra k .

El índice de Morisita Simplificado muestra un intervalo de valores de 0 a 1. Una sobreposición significativa de nicho ecológico o similaridad se considera a partir de valores mayores a 0.60 (Labropoulou y Eleftheriou, 1997).

5.2.5. DINÁMICA POBLACIONAL

Los aspectos poblacionales de *Scorpaenodes xyris* se establecieron mediante el análisis de frecuencias de tallas.

5.2.5.1. FRECUENCIA DE TALLAS

Para el análisis visual de las frecuencias de tallas los datos de la longitud patrón de los años 2000 y 2001 se agruparon en intervalos de 3 mm. Esta amplitud se seleccionó después de haberlos ordenado en magnitudes de 2, 3, 4 y 5 mm. El ejercicio se utilizó para determinar cual de las agrupaciones generaba una distribución de tallas con una mejor definición de las modas, lo cual se observó en el intervalo de 3 mm. La transformación de los datos, no tuvo como único objetivo el

análisis visual de las distribuciones de tallas. Además, se obtuvo el tipo de archivo requerido por el programa ELEFAN I (*Electronic Length Frequency Analysis*) para el cálculo de los parámetros poblacionales (Crecimiento y Mortalidad).

5.2.5.2. ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CRECIMIENTO

Los parámetros de crecimiento se estimaron empleando técnica computacional ELEFAN I, la cual fue implementada por medio del programa FAO-ICLARM herramienta de evaluación de stocks (FISAT por sus siglas en inglés), programa desarrollado por Gayanito et al., (1994) (Jennings et al., 2004).

5.2.5.2.1. LA TÉCNICA COMPUTACIONAL ELEFAN I

La rutina computacional ELEFAN I permitió realizar las estimaciones de los parámetros de crecimiento mediante el análisis de las frecuencias de tallas (Pauly y David, 1981; Pauly, 1987). El programa consta de dos etapas principales: 1) reestructuración de las frecuencias de tallas y 2) ajuste de una curva de crecimiento.

La primera etapa del método consiste en graficar los datos originales de la especie y, posteriormente, para atenuar pequeñas irregularidades, los datos son reordenados. En el caso de este estudio, fueron reestructurados en intervalos de talla de 3 cm. Estos datos son utilizados para obtener las frecuencias con los promedios móviles, los cuales se emplean para destacar los máximos y mínimos de las frecuencias de tallas. De esta forma, los máximos y mínimos intermedios

quedan bien estructurados y fáciles de identificar mediante los puntos asignados. En la etapa dos, la bondad de ajuste de la curva de crecimiento se mide objetivamente utilizando a los datos reestructurados como criterio. El ajuste se calcula mediante la relación SME/SMD, la cual sirve para medir que tan cerca esta una curva del mejor ajuste, donde SME representa la suma de máximos explicada y SMD la suma de máximos disponible, lo cual dio como resultado la bondad de ajuste de la curva (R_n) y los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy para los datos de 2000 y 2001 (Gayanilo et al., 1994; Sparre y Venema, 1995)

5.2.5.3. ESTRUCTURA DE EDADES RELATIVAS DE LA POBLACIÓN

Los parámetros del crecimiento obtenidos en el 2001 se emplearon para estimar las edades relativas de la población, las cuales se calcularon mediante la resolución de la ecuación inversa de von Bertalanffy (1938)

$$t_{(L)} = t_0 - \frac{1}{k * \ln\left(1 - \frac{L}{L_\infty}\right)} \quad (7)$$

donde:

$t_{(L)}$ = Intervalo de edad para el grupo de talla L (años)

t_0 = Tiempo en cual la longitud es igual a 0

K = Constante de crecimiento de von Bertalanffy

L_∞ = Longitud asintótica (mm)

Las edades relativas se representaron mediante la gráfica de la curva de crecimiento de von Bertalanffy (1938).

5.2.5.4. RELACIÓN TALLA-PESO

Se obtuvo la relación funcional talla-peso corporal del pez descrita por la siguiente ecuación:

$$W_{(i)} = q * L_{(i)}^b \quad (8)$$

donde:

$W_{(i)}$ = es el peso corporal del i ésimo pez

$L_{(i)}$ = es la talla

q y b son los parámetros

Esta ecuación es una relación exponencial y puede transformarse en una relación lineal al tomar logaritmos a ambos lados de la ecuación:

$$1) \ln W_{(i)} = \ln q + b * \ln L_{(i)}$$

o

$$2) y_{(i)} = a + b * X_{(i)}$$

donde:

$$a) y_{(i)} = \ln W_{(i)}, \quad b) X_{(i)} = \ln L_{(i)} \quad \text{y c) } a = \ln q$$

Con la ecuación (1) se estimó los valores de a y b por análisis de la regresión lineal. Ya que $a = \ln q$, se obtuvo q de la relación talla-peso original, al obtener el antilogaritmo de a : $q = \exp a$ (Sparre y Venema, 1995).

5.2.5.5. MORTALIDAD

La mortalidad es uno de los parámetros que afecta constantemente a las poblaciones. Se le define como el decremento en el número de individuos de una población por unidad de tiempo. Las causas que la originan se clasifican como naturales y por pesca. La población de *S. xyrís* es afectada únicamente por la mortalidad natural, ya que por su reducido tamaño no tiene importancia pesquera y, por ahora, no interesa todavía la industria acuarística. Al igual que en otras especies, el número de individuos se reduce por la depredación, las enfermedades, la inanición y la senectud (Csirke, 1989). La mayoría de los métodos que han sido desarrollados estiman la tasa de mortalidad total; por lo tanto, al no estar sujeto *S. xyrís* a las presiones de explotación comercial, la mortalidad total obtenida puede ser referida como la mortalidad natural.

De manera general estaría expresada por:

$$Z = F + M \quad (9)$$

donde:

Z = coeficiente instantáneo de mortalidad total

F = coeficiente instantáneo de mortalidad por pesca

M = coeficiente instantáneo de mortalidad natural.

5.2.5.6. ESTIMACIÓN DE LA MORTALIDAD

Los métodos empleados para la determinación de la tasa de mortalidad pueden dividirse en dos tipos, los que proporcionan una estimación de la mortalidad total (Z) y todos aquellos por medio de los cuales se estima únicamente la mortalidad natural (M).

5.2.5.7. MODELOS BASADOS EN DATOS DE LA COMPOSICIÓN POR TALLAS PARA LA ESTIMACION DE LA MORTALIDAD TOTAL.

5.2.5.7.1. CURVA DE CAPTURA LINEALIZADA, BASADA EN DATOS DE LA COMPOSICIÓN POR TALLAS.

El método de la curva de captura convertida a tallas (Pauly, 1983;1984) no supone una determinación directa de la edad, sino que utiliza la ecuación inversa de crecimiento de von Bertalanffy (1938) para convertir las tallas en edades. Para que la curva de captura se pudiera utilizar con los datos sobre las tallas fue necesario, en principio, reemplazar las t (edades) por valores de L (tallas), de manera que se utilizó la ecuación inversa de von Bertalanffy (1938). La ecuación de la curva es la siguiente:

$$\ln(N) = a + b * t' \quad (10)$$

donde:

N = es el número de peces en pseudo-cohortes determinados por las medias sucesivas de las curvas de crecimiento.

t' = es la edad relativa del pez en la pseudocohorte

De esta forma, dado el conjunto de datos de frecuencia de tallas y los parámetros de crecimiento K y L_{∞} , se pudo obtener una estimación de Z a partir de b (Sparre y Venema, 1995; Gayanilo et al., 1994).

5.2.5.7.2. ECUACIÓN DE JONES Y VAN ZALINGE (1981)

La curva acumulada de Jones y van Zalinge (1981) es una de las primeras formas derivadas de la curva de captura convertida a tallas, por lo que estos dos métodos tienen en común muchos supuestos. Para emplear este modelo los datos fueron agrupados en intervalos de clases constantes, así como también se utilizó la ecuación inversa de von Bertalanffy (1938). La ecuación del método es:

$$\ln(C_{Li,\infty}) = a + b * \ln(L^{\infty} - Li) \quad (11)$$

donde

$C_{Li,\infty}$ = es la captura acumulada (considerada desde la clase de talla más grande con un valor de captura diferente a cero) correspondiente a la clase de talla i .

L_i = es el límite inferior de la clase i .

La pendiente es una estimación de $\frac{Z}{K}$. Por lo tanto, $Z = K \cdot \text{pendiente}$ (Sparre y Venema, 1995; Gayanilo et al., 1994).

5.2.5.8. MODELOS BASADOS EN LA ESTIMACIÓN DE Z A PARTIR DE LA LONGITUD MEDIA DE LA FRECUENCIA DE TALLAS

5.2.5.8.1. ECUACIÓN DE Z DE BEVERTON Y HOLT (1956) BASADA EN TALLAS

El método de Beverton y Holt (1956) permitió obtener una estimación de Z a partir de la talla media de los peces capturados y de los parámetros (K y L_∞) de la curva de crecimiento de von Bertalanffy (Gayanilo et al., 1994; Sparre y Venema, 1995).

Beverton y Holt (1956) demostraron que la relación funcional entre Z y \bar{L} es:

$$Z = K * \frac{L_\infty - \bar{L}}{\bar{L} - L'} \quad (12)$$

donde

\bar{L} = es la talla media de los peces de longitud L' y más grandes

L' = es alguna talla en la que todos los peces de ese tamaño y más grandes están sometidos a una captura plena

5.2.5.8.2. MODELO DE AULT Y EHRHARD (1991)

El método de Ault Y Ehrhard (1991) esta relacionado con el modelo de Beverton y Holt (1956) pero, a diferencia de éste, no asume un periodo de vida infinito para la especie que se está analizando, por lo tanto es aplicable a especies tropicales de vida corta (Gayanilo et al., 1994). La ecuación de este modelo es:

$$\left(\frac{L_{\infty} - L_{\max}}{\bar{L} - L} \right)^{\frac{Z}{K}} = \frac{Z(L' - \bar{L}) + K(L_{\infty} - \bar{L})}{Z(L_{\max} - \bar{L}) + K(L_{\infty} - L_{\max})} \quad (13)$$

donde:

\bar{L} = la talla media de los peces de longitud L' y más grandes

L' = alguna talla en la que todos los peces de ese tamaño y más grandes están sometidos a una captura plena.

5.2.5.9. MODELOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA TASA DE MORTALIDAD NATURAL

5.2.5.9.1. FÓRMULA EMPÍRICA DE PAULY (1980)

La siguiente fórmula empírica desarrollado por Pauly (1980) se utilizó para estimar la mortalidad natural. El método emplea una relación lineal entre la tasa de mortalidad natural, los parámetros de crecimiento y la temperatura media anual en la superficie, obtenida a partir de los datos de 175 poblaciones diferentes (Gayanilo et al., 1994; Sparre y Venema, 1995; Cubillos *et al.*, 1999). El modelo de regresión desarrollado es el siguiente:

$$\ln M = 0.0152 - 0.279 * \ln L_{\infty} + 0.6543 * \ln K + 0.46341 * \ln T^{\circ} \quad (15)$$

donde:

M= tasa de mortalidad natural (años⁻¹)

L_{∞} = longitud asintótica (cm)

K= coeficiente de crecimiento (años⁻¹)

T= temperatura media anual del hábitat (°C)

6. RESULTADOS

6.1. ASPECTOS TRÓFICOS

6.1.1. DETERMINACIÓN GENERAL DEL ESPECTRO TRÓFICO

El espectro trófico que presenta *S. xyris* se determinó a partir de la disección de 270 ejemplares. El 42% de los estómagos obtenidos presentaron “organismos identificables” (COI) y un 38% se encontraron vacíos (EV). Por otro lado, los estómagos con restos de crustáceos (CRC) y con materia orgánica no identificada (MONI) se registraron en un 16.4% y 3.6% de las veces (Tabla I).

Los estómagos COI se caracterizaron por presentar, en su mayoría, solo un organismo en su interior, lo cual se registró en el 81% de los órganos digestivos revisados. El resto de los estómagos presentó un número de 2 a 4 presas. En un 14.5% los estómagos presentaron únicamente 2 individuos, y el 4.5% restante presentó de 3 a 4 organismos. En promedio se encontraron 1.2 presas por estómago.

Tabla I. Porcentaje de estómagos registrados de acuerdo a la clasificación basada en la presencia y el estado de degradación de su contenido

Categoría	coral	paredes	general
COI	49.50%	30%	42%
EV	31%	48.20%	38%
MONI	4.20%	2.80%	3.60%
CRC	15.30%	19%	16.40%
Total	100%	100%	100%

La clasificación anterior muestra los principales grupos que integran los resultados obtenidos. Con la finalidad de obtener mayor información referente a la identidad de las especies que consume *S. xyris*, se utilizó el contenido estomacal proveniente de los estómagos COI. Durante la revisión de las muestras, los estómagos clasificados como COI contenían camarones, cangrejos, misidáceos, anfípodos, poliquetos, estomatópodos y peces. Se lograron identificar también isópodos y tanaidáceos, pero presentaron una frecuencia de aparición muy baja. De forma general, se consideraron únicamente los organismos que se presentaron en mayor proporción, lo cual se registró en los grupos de los camarones, cangrejos, misidáceos, anfípodos, peces y poliquetos.

Los grupos de organismos identificados con mayor proporción dentro del espectro trófico de *S. xyris*, se observaron en diferentes porcentajes. Los camarones carideos se registraron en un 42% de los estómagos, los cuales se encontraron representados con mayor frecuencia por las familias: Processidae, Hippolytidae, Alpheidae, Palaemonidae (Subf. Pontoniinae) y Pandalidae. Las familias Palaemonidae y Alpheidae se registraron, dentro de este grupo, con mayor frecuencia (60 y 20%). Los grupos de los cangrejos Anomura y Brachyura, por el contrario, fueron representado solamente

por las familias Porcellanidae y Xanthidae *sensu lato*, los cuales en su conjunto solo se observaron en un 23% de las ocasiones. Las familias Tripterygiidae y Gobiidae representaron al grupo de peces, siendo registrados únicamente en un 7% de los casos. Además, los estomatópodos, quienes aparecieron en un 1% de los estómagos, se identificaron como pertenecientes a la familia: Gonodactylidae. Los grupos restantes, anfípodos, misidáceos y poliquetos, debido a su tamaño y estado de degradación, no fueron identificados a nivel de familia. Por otro lado, la frecuencia de aparición de los anfípodos y misidáceos fue de 10 y 12%, respectivamente, mientras que los poliquetos se registraron en un 3% de los estómagos (Fig. 2; Tabla II).

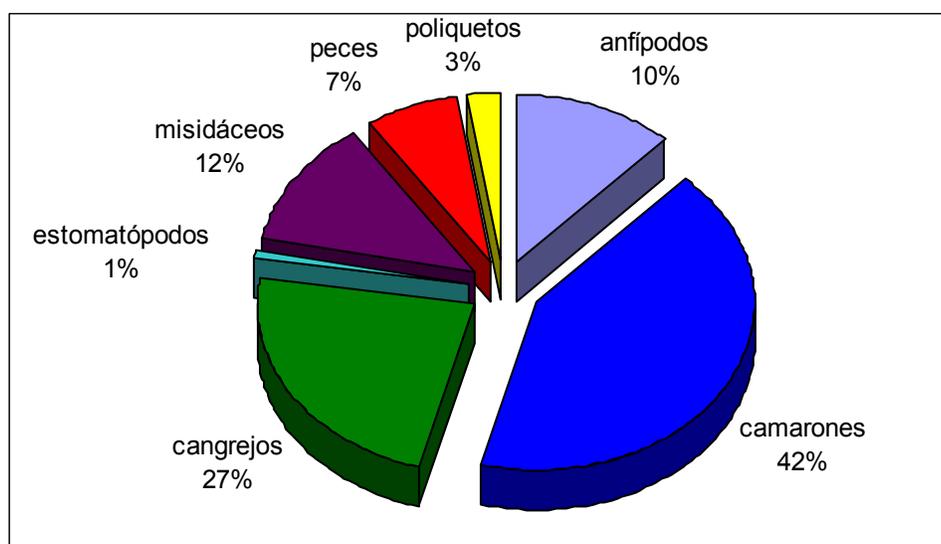


Fig. 2. Frecuencia de aparición (%) de los grupos de organismos encontrados en el espectro trófico de *S. xyrís* en la bahía de La Paz y áreas adyacentes, B.C.S.

Tabla II. Familias y especies identificadas en el contenido estomacal de *S. xyris*. La frecuencia de aparición (F. A%) es respecto a la presencia de la familia dentro del grupo. * Familias con una frecuencia de aparición inferior al 1%

Camarones	FA%	Cangrejos	FA%	Peces	FA%	Otros Grupos
Processidae	7%	Porcellanidae (<i>Petrolisthes</i> sp.)	40%	Tripterygidae	80%	Isópodos
Hippolytidae	6%	Xanthidae s.l.	60%	Gobiidae (<i>Elacatinus</i> <i>limbagui</i>)	20%	*Gnathiidae (<i>Gnathia</i> sp.)
Alpheidae (<i>A. bellimanus</i>)	20%					Estomatópodos
Palaemonidae, Subf. Pontoniinae	60%					Gonodactylidae (<i>Neogonodactylus</i> <i>zaca</i>)
Pandalidae	7%					

6.1.2. TALLA Y ALIMENTICIÓN DIFERENCIAL

Se observó que existe una depredación selectiva hacia cierto grupo de acuerdo a la talla del pez. (Fig. 3). Los peces con una longitud total de entre 10 y 20 mm consumen principalmente misidáceos y anfípodos. Por otro lado, los grupos de camarones, cangrejos, y peces son consumidos por organismos de tallas mayores (21 a 50 mm). Por último, se observó que los peces con una longitud mayor a 51 mm son preferentemente ictiófagos, además de consumir cangrejos y camarones.

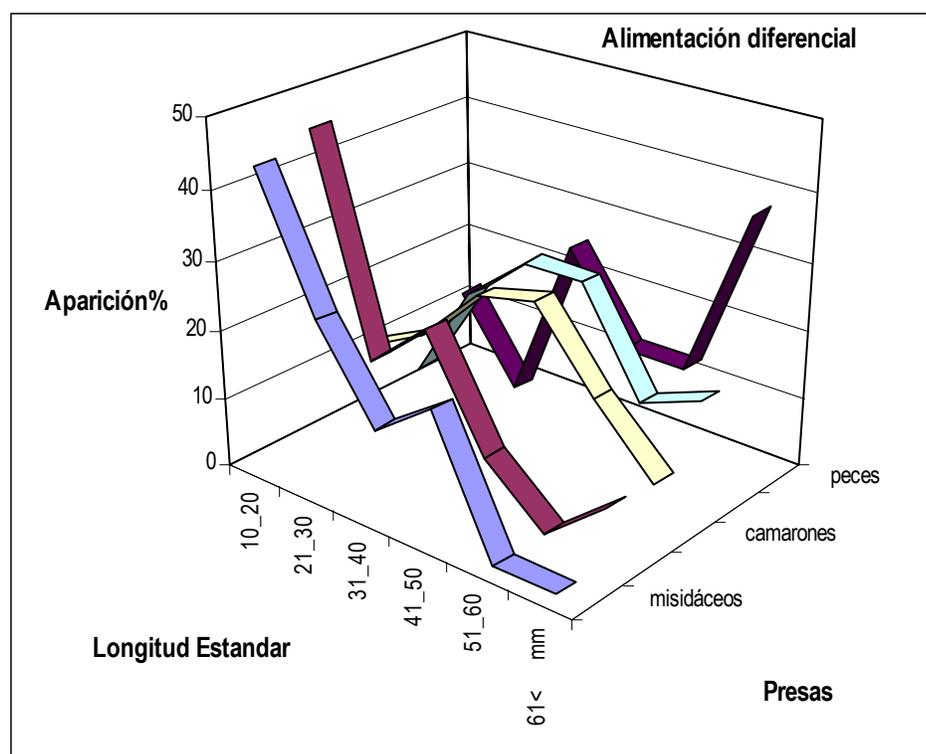


Fig. 3. Frecuencia de aparición de las presas en los estómagos de *S. xyris* a determinada talla.

6.1.3. ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA

En la mayoría de los estudios de hábitos alimentarios se incluye tanto la frecuencia de aparición de las presas como el porcentaje en número y el porcentaje en peso o volumen. Si se conoce esta información para cada una de las presas, se puede obtener un índice de importancia relativa. En el estudio, el volumen de los estómagos y el análisis gravimétrico no pudieron ser realizados debido a la desalentadora longitud de las presas, además de la pequeña longitud que presentaban los estómagos de los organismos. Asimismo hay que considerar también la digestión

asociada al tipo de presa (cuerpos suaves) y el intervalo de tiempo entre la alimentación al momento de la captura del pez.

Las causas señaladas anteriormente determinaron la elección del índice del valor de importancia (IVI). El cálculo del IVI mostró que *S. xyris* presenta una preferencia mayor por el grupo de los camarones (58.9). El segundo grupo en importancia en la dieta fue el de los cangrejos, con un valor del IVI de 39.9. Los anfípodos, los misidáceos y los peces presentaron un IVI de 28 a 23. Los valores de IVI lo presentaron los poliquetos, con un valor de 10, y los estomatópodos con 9. Estos valores se obtuvieron al aplicar el IVI a los datos obtenidos de forma general (Tabla III).

La importancia que presentaron las presas en la dieta de los organismos asociados a cabeza de coral y paredes rocosas fue muy similar a la que se registró en el espectro trófico general. En el caso de los organismos de cabezas de coral, se observó el mismo grado de preferencia alimentaria al obtenido de forma general. Los organismos de paredes rocosas, por otro lado, presentaron cierto grado de variación en la importancia de las presas. En la dieta de este grupo, los anfípodos se observaron como el segundo tipo de alimento más importante, el cual aparece en el tercer lugar en las otras dos dietas obtenidas. Además, el número de tipos de presas registrados fue menor en este grupo. Se identificaron únicamente cinco grupos alimentarios, lo que representó dos grupos menos en comparación con los registrados en el hábitat de cabezas de coral (Tabla III).

Tabla III. Valores del índice de importancia (IVI) para los grupos tróficos que componen la dieta de *S. xyris* en forma general, en cabezas de coral y paredes rocosas

Grupos	IVI General	IVI Coral	IVI Pared
camarones	58.908	68.21	68.74
cangrejos	39.943	45.91	36.204
anfípodos	28.736	37.346	39.234
misidáceos	28.736	25.502	27.911
peces	23.563	14.313	27.911
poliquetos	10.92	4.36	
estomatópodos	9.195	4.36	

6.1.4. DETERMINACIÓN GENERAL DE LA AMPLITUD DE NICHO ECOLÓGICO

La amplitud de nicho ecológico indica si se puede considerar a la especie en estudio como especialista o generalista. En el caso de *S. xyris*, se obtuvo un valor de 0.30 a partir de la aplicación del índice de Levins estandarizado. El valor de este índice nos indica que hay que considerar a *S. xyris* como un predador especialista, es decir, presenta una mínima amplitud de nicho.

6.1.5. HÁBITOS ALIMENTARIOS DE *Scorpaenodes xyris* EN CABEZAS DE CORAL Y PAREDES ROCOSAS

Una cantidad de 162 organismos provenientes de cabezas de coral fueron seleccionados al azar, mientras que otros 108 ejemplares se seleccionaron del grupo de peces pertenecientes a las paredes rocosas. Se trató de determinar si existían variaciones en los hábitos alimentarios *S. xyris* generadas por el tipo de hábitat.

6.1.5.1. ESPECTRO TRÓFICO DE *S. xyris* EN CABEZAS DE CORAL

En el análisis del contenido estomacal de los organismos provenientes de este hábitat se encontró un 31% de EV, un 4.2% con MONI, un 15.3% CRC, y un 49.5% COI (Tabla I). Los grupos con mayor frecuencia de aparición fueron los camarones (42%) y los cangrejos (27%). El siguiente grupo con mayor importancia lo componen los misidáceos (12%) y los anfípodos (10%). Por último, la menor frecuencia de aparición la presentaron los peces (5%), poliquetos (3%) y estomatópodos (1%) (Fig. 4).

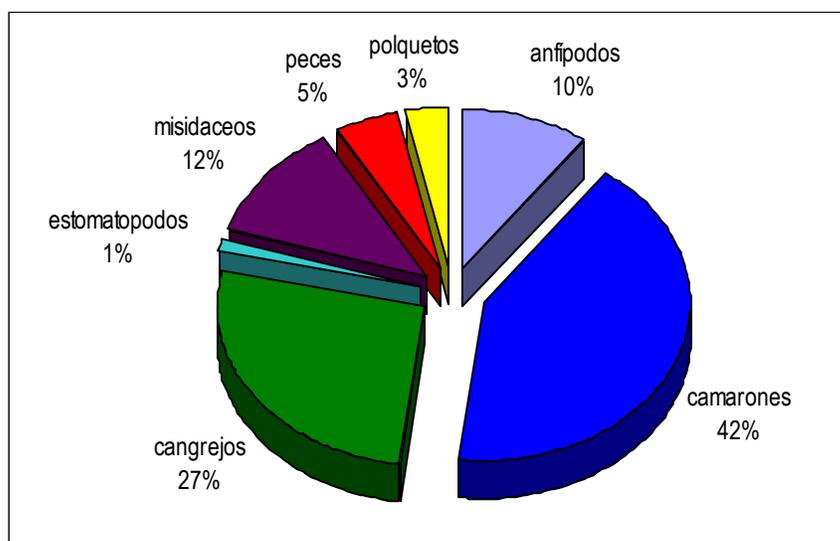


Fig. 4. Frecuencia de aparición (%) de los grupos componentes del espectro trófico de *S. xyris* en cabezas de coral en bahía de La Paz y áreas adyacentes, B.C.S..

6.1.5.2. DETERMINACIÓN DE LA AMPLITUD DE NICHOS ECOLÓGICOS DE *S. xyris* EN CABEZAS DE CORAL

La aplicación del índice estandarizado de Levins a los datos provenientes de cabezas de coral dio un valor de 0.44, lo cual indica que este grupo de peces se puede considerar como un predador especialista dentro de este hábitat.

6.1.5.3. ESPECTRO TRÓFICO DE *S. xyris* EN PAREDES ROCOSAS

En los ejemplares provenientes de paredes rocosas registró un 3.6% de estómagos con MONI, un 38% EV, un 16.4% CRC y un 30% COI (Tabla I). Los camarones se encontraron con una mayor frecuencia (42%). Otros grupos con una alta frecuencia de aparición fueron los anfípodos (18%) y los cangrejos (15%). Los misidáceos y los peces registraron un porcentaje del 13% de frecuencia de aparición (Fig. 5).

6.1.5.4. DETERMINACIÓN DE LA AMPLITUD DE NICHOS ECOLÓGICOS EN PAREDES ROCOSAS

La especie presenta una amplitud de nicho ecológico de tipo especialista debido a que el índice estandarizado de Levis arrojó un valor de 0.46.

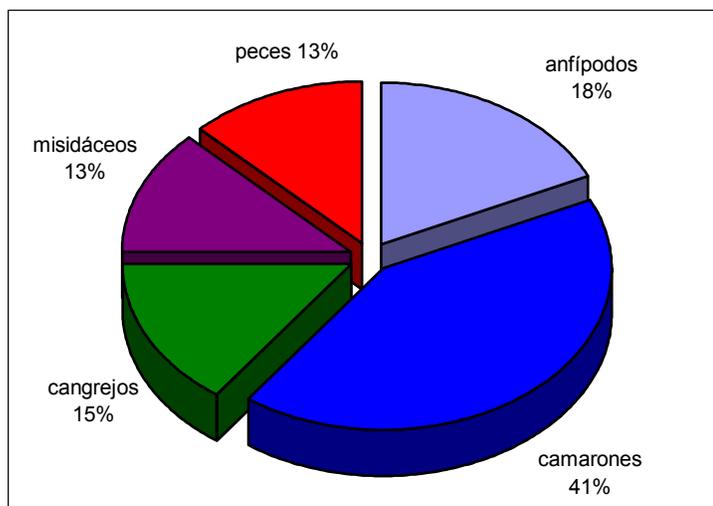


Fig. 5 Frecuencia de aparición (%) de los diferentes grupos de alimento de *S. xyrís* en paredes rocosas de bahía de La Paz y áreas adyacentes, B.C.S.

6.1.6. DIETAS SIMILARES EN AMBIENTES DIFERENTES

Se calculó el índice de Morisita simplificado utilizando el porcentaje de la frecuencia de aparición de las presas en los estómagos, el cual alcanzó un valor de 0.95. Esto claramente indica que no existen diferencias considerables ni significativas en cuanto a la presencia de grupos de presas de *S. xyrís* en los dos ambientes analizados. La sobre-posición de nicho trófico o igualdad de la dieta se considera a partir de valores mayores a 0.60 (Labropoulou y Eleftheriou, 1997)

6.1.7. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS PRESAS

Se analizaron la talla y los hábitos alimentarios de las especies presa de *S.xyrís*, las cuales presentaron un intervalo de talla de 0.5 mm a 50 mm. Los organismos con una menor talla fueron los

isópodos, anfípodos, tanaidáceos, poliquetos y misidáceos, con un talla de 0.5 a 2 mm. Los camarones, los estomatópodos, los peces, los cangrejos anomuros y braquiuros presentaron una talla mayor, en un intervalo de 30 mm a 50 mm. Los hábitos alimentarios reportados en la literatura para los grupos de presas son muy variados, encontrándose detritívoros, suspensívoros, filtradores y carnívoros (Fig. 6 y 7). Este aspecto se consideró tomando en cuenta el grupo general de las presas debido a la falta de información específica para cada una de las especies o familias. Una descripción más detallada de los grupos que componen su alimentación, así como de la literatura consultada se muestra en el anexo I.

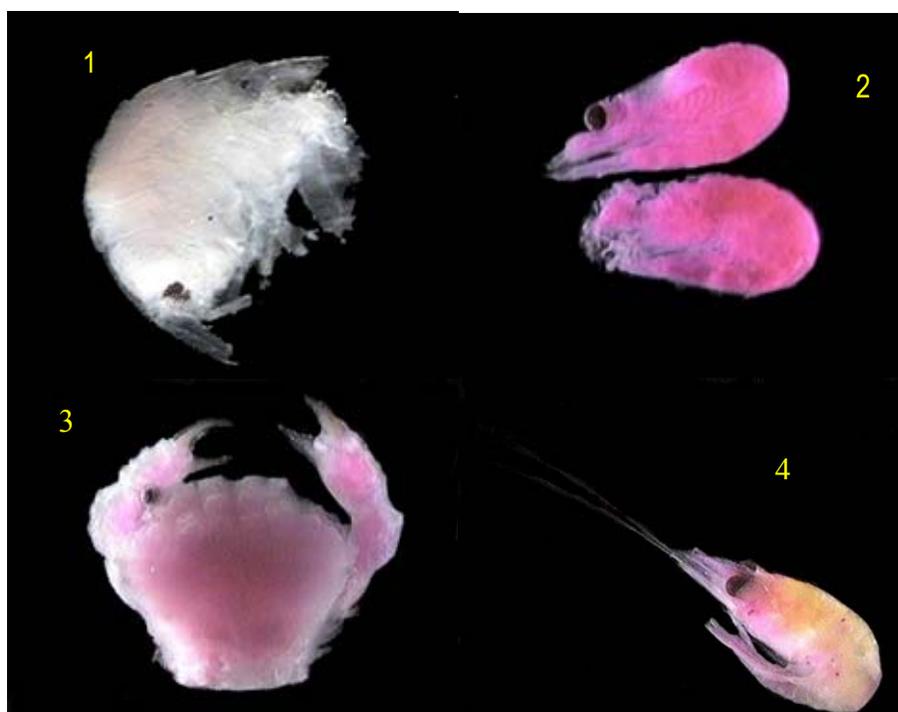


Fig. 6. Ejemplares de las especies de crustáceos que componen el espectro trófico de *S. xyris*. 1) anfípodo; 2) misidáceo; 3) cangrejo de la familia Xanthidae *sensu lato* y 4) camarón de la familia Palaemonidae.



Fig. 7 Especies de peces que forman parte de la dieta de *S. xyris*. 1) *Elacatinus limbaughii* (Hoese y Reader, 2001); 2) Especie de la familia Tripterygiidae.

6.2. ASPECTOS POBLACIONALES

6.2.1. DISTRIBUCIÓN DE TALLAS DE *S. xyris*

Los organismos de *S. xyris* obtenidos durante los meses del año 2000 presentaron un intervalo de talla de 11.82 a 57.97 mm. La mayoría de los individuos recolectados se clasificaron dentro del intervalo de talla de 19 a 43 mm, los cuales se presentaron abundantemente en los meses de marzo, junio, agosto y noviembre. El mayor número de ejemplares se obtuvo en el mes de junio (n=55), seguido por los meses de agosto (n=33) y noviembre (n=31). Por otro lado, en los histogramas de tallas de junio se observa una distribución unimodal definida en el intervalo de 28 a 31mm (Fig. 8). En los meses de marzo y agosto se registró una distribución similar al mes de junio. Por el contrario, las frecuencias de tallas de los meses de octubre y noviembre fueron bimodales. En ambos meses, en el intervalo de talla de 28 a 31 mm se encuentra representada una de las dos modas. En el caso del mes de octubre, la otra moda se registró en el intervalo de talla de 40 a 43 mm, y en noviembre en el intervalo de talla de 13 a 16 mm (Tabla IV).

Tabla IV. Número de individuos, valores promedios, máximos y mínimos de las tallas (longitud estándar, LE) de *S. xyris* registradas en cada uno de los meses del año 2000

Mes	No. de individuos	LS Media	LS Mínima	LSmáxima	Des. Est.
marzo	23	27.6	12.16	48	7.7
abril	9	27.6	19.54	44.13	8.1
junio	55	31.9	14.19	56.54	9.1
agosto	33	32.2	19.08	51.81	7.7
septiembre	22	35.3	22.78	57.97	9.6
octubre	27	35.8	14.74	51.27	8.6
noviembre	31	24.3	12	41	8.4
diciembre	11	30.2	11.82	53.74	14.2

El número de peces capturados en el año 2001 fue mayor en comparación con el año 2000. El tamaño de muestra de la población de *S. xyris* obtenida ese año hace suponer que en éste se encuentra mejor representada su estructura poblacional. En este periodo, se registraron no solo los organismos más pequeños ($10 \pm 1\text{mm}$), en comparación con el año 2000, sino también se capturó uno de los organismos más grandes ($77.31 \pm 1\text{mm}$). Los individuos más pequeños se registraron en el mes de febrero y abril, y por el contrario la longitud más grande se registró en el mes de mayo. El mayor número de individuos, al igual que en el año anterior, se concentró en los intervalos de talla de 19 a 43 mm en los meses de febrero ($n=172$), abril ($n=172$), mayo ($n=124$) y junio ($n=129$) (Fig.9). En los meses restantes, la cantidad de individuos obtenidos fue menor a un 50% en comparación con los meses mencionados anteriormente (Tabla V). Por otro lado, el análisis de los histogramas de frecuencia revela que la mayoría de las distribuciones de tallas de este año presentan una forma unimodal, excepto la registrada en el mes de abril, la cual muestra una ligera forma bimodal.

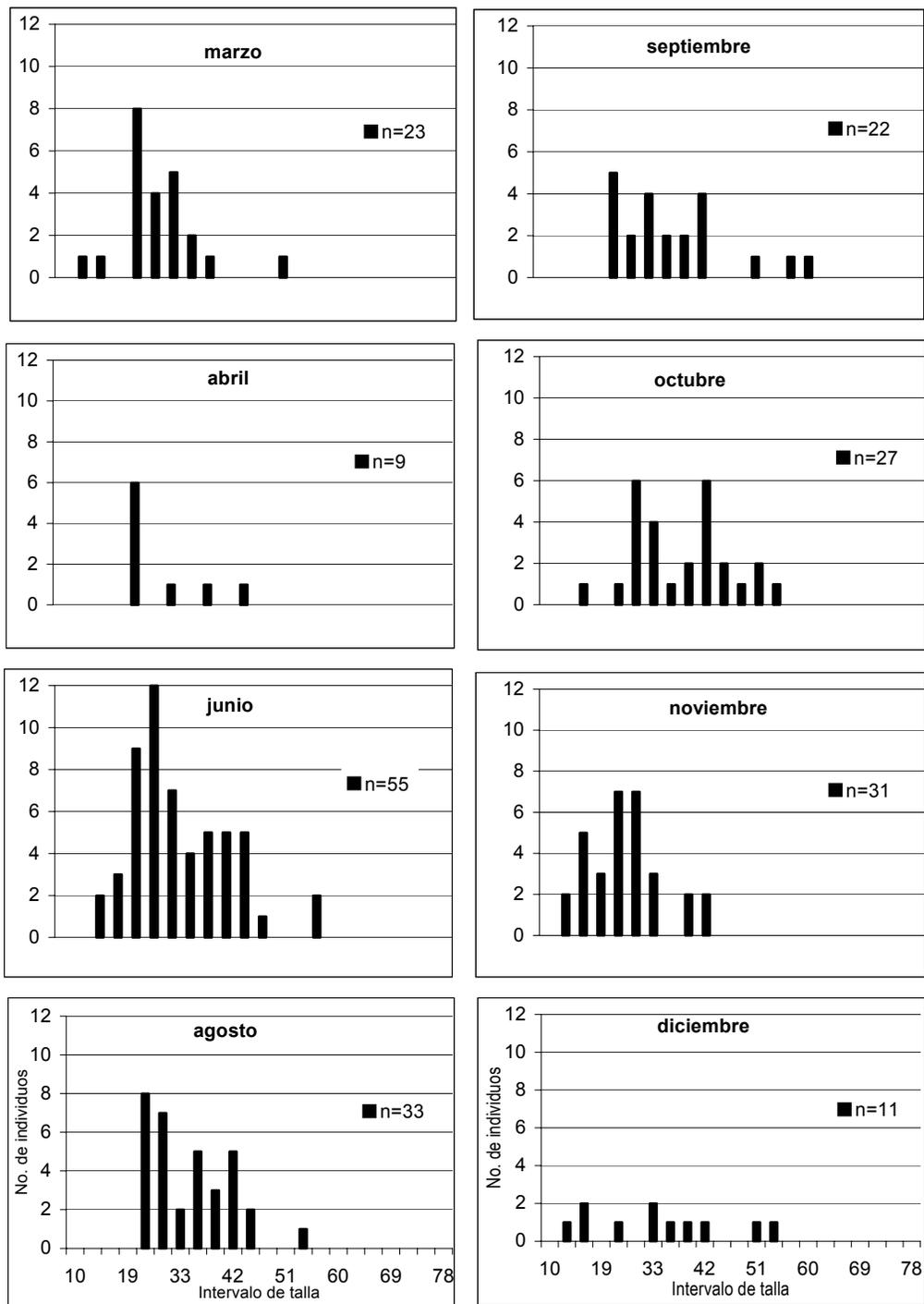


Fig. 8. Distribuciones de frecuencias de tallas de los ejemplares de *S. xyris* recolectados en el año 2000 en bahía de La Paz y áreas adyacentes, B.C.S.

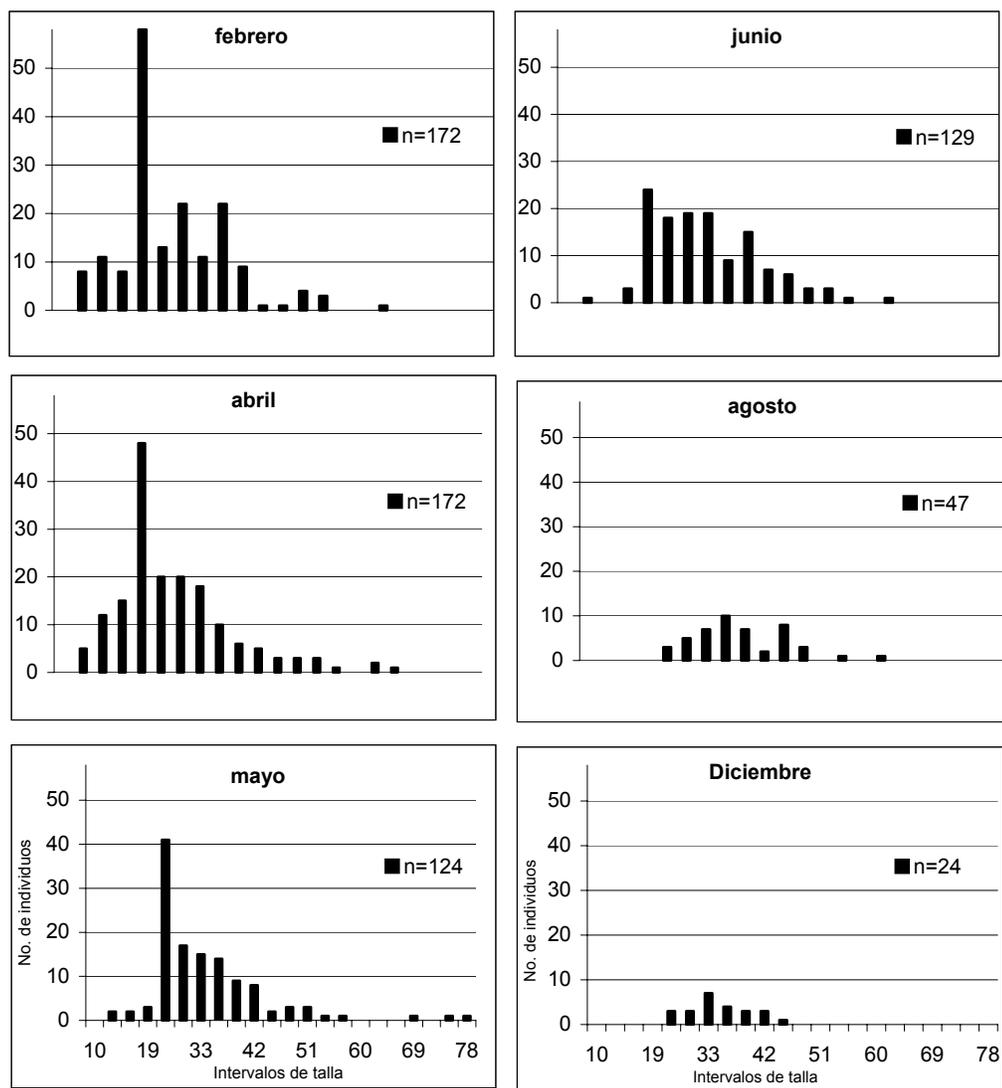


Fig. 9. Distribuciones de frecuencias de tallas de los ejemplares de *S. xiris* recolectados en el año 2001 en bahía de La Paz y áreas adyacentes, B.C.S..

Tabla V. Número de individuos, valores promedios, máximos y mínimos de las tallas (mm) de *S. xyris* registradas en cada uno de los meses del año 2001.

2001	No. de individuos	LS Media	LS Mínima	LS máxima	Des. Est.
febrero	172	28.3	10.38	60	9.5
abril	172	28.4	10	63.49	10.7
mayo	124	31.4	11.74	77.31	10.5
junio	129	33.4	12	60	8.8
agosto	47	36.7	26.35	58.57	7.2
diciembre	24	33.2	23.17	44.77	5.6

6.2.2. ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CRECIMIENTO

Las longitudes teóricas máximas estimadas para *S. xyris* mediante el análisis de datos fueron de 83 mm en el año 2000 y de 81mm en el 2001. La velocidad de crecimiento de la especie, la cual ésta determinada por el parámetro K, registró valores de 0.25 y 0.21 para el año 2000 y 2001, respectivamente. El crecimiento registró oscilaciones (C) con una valor de 1 en el año 2000; por el contrario en el 2001 se registraron oscilaciones de 0.1. El punto de invierno (Wp), que indica el periodo en el cual el crecimiento es muy lento, obtuvo valores de 0.7 en el año 2000 y 0.4 en el 2001, los cuales se registraron en agosto y mayo, respectivamente. Por último, la bondad de ajuste de la curva (Rn) osciló alrededor de 0.5 en ambos años (Tabla VI; Fig. 10).

Tabla VI. Parámetros de crecimiento de la curva de von Bertalanffy estimados a partir de las frecuencias de tallas de *S. xyris* obtenidas en los años 2000 y 2001

Parámetros	2000	2001
$L\alpha=$	83	81
$C=$	1	0.1
$Wp=$	0.7	0.4
$K=$	0.25	0.21
$Rn=$	0.563	0.574

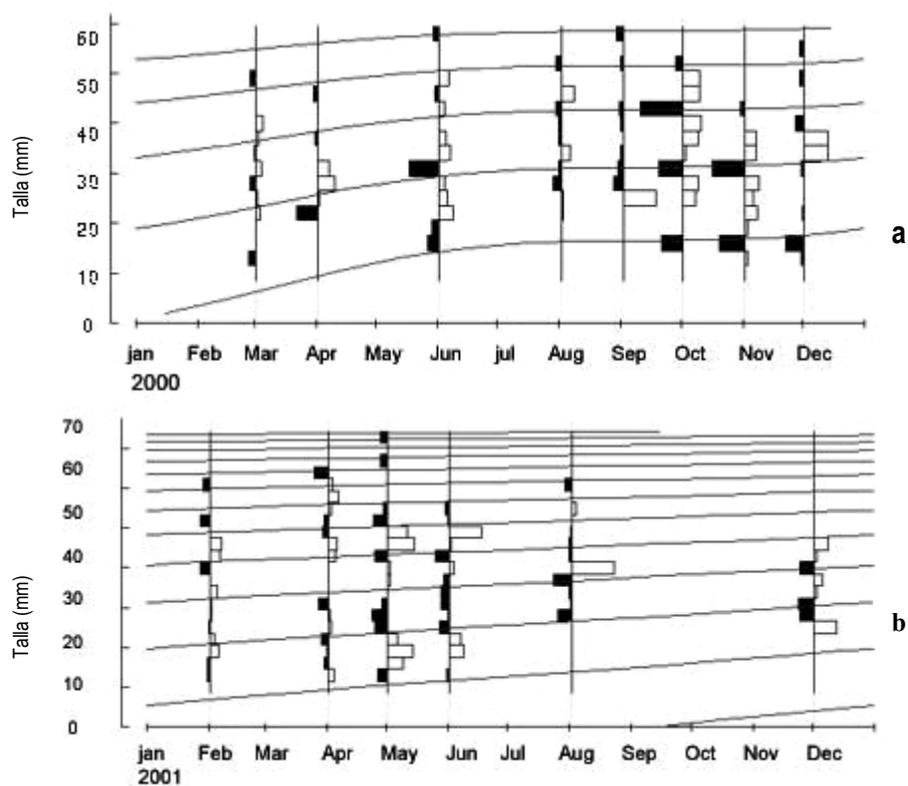


Fig. 10. Curvas estacionales de von Bertalanffy (1938) estimadas a partir de las frecuencias de tallas de *S. xyris* obtenidas en los años 2000 y 2001. a) Histogramas de frecuencia de tallas estructuradas del 2000 ($L\alpha= 83$ mm $K= 0.25$ $C= 1$ $Wp= 0.7$ $Rn=0.563$); b) Histogramas de frecuencias reestructurados del 2001 ($L\alpha= 81$ mm $K= 0.21$ $C= 0.1$ $Wp= 0.4$, $Rn= 0.574$). En las figuras a) y b) las barras blancas y negras representan las desviaciones negativas y positivas a partir de las medias móviles.

6.2.3. EDADES RELATIVAS DE LA POBLACIÓN

Se obtuvieron las edades relativas mediante la aplicación de la ecuación inversa de von Bertalanffy (1938). Se determinó, con base en la relación de la edad media y la talla del pez, una edad máxima aproximada de 8 años para *S. xyris* (Fig. 11).

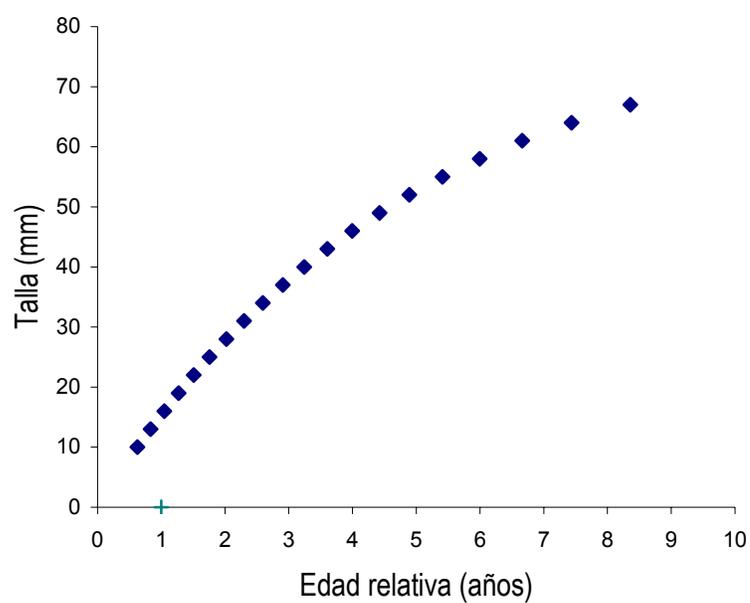


Fig.11. Curva de crecimiento con base en las edades relativas de *S. xyris*.

6.2.4. RELACIÓN FUNCIONAL TALLA-PESO

Para los ejemplares analizados la relación talla-peso presentó un crecimiento isométrico donde $W = 0.0049L^3$ ($r^2 = 0.9548$), lo cual indica que la forma del pez permanece constante con el crecimiento (Fig. 12).

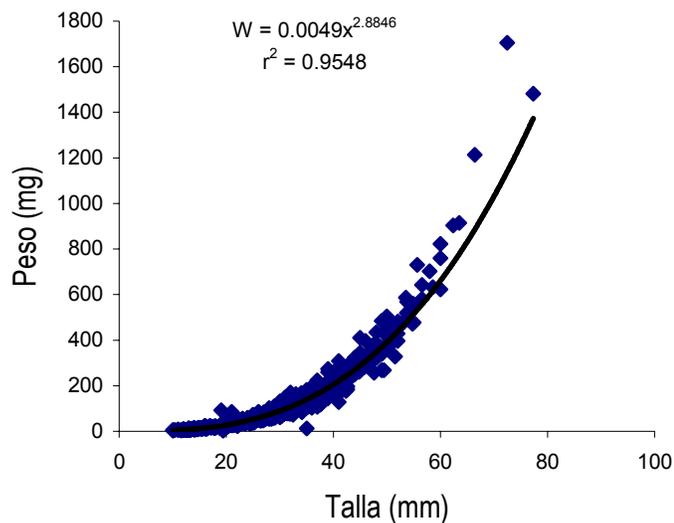


Fig. 12. Relación peso-talla para *S. xyris* en paredes rocosas y cabezas de coral en bahía de La Paz y áreas adyacentes, B.C.S.

6.2.5. MORTALIDAD

Por medio del método de “la curva linealizada convertida a tallas” (Pauly, 1983; 1984) se estimó la mortalidad total (Z), en un valor de 0.85 año^{-1} (Fig. 13), mientras que por el método de Jones y van Zalinge (1981) se registró un valor de 0.99 año^{-1} (Fig. 14). Por otro lado, la ecuación de Beverton y Holt (1956) estimó la mortalidad en un valor de 1.380 año^{-1} . En el caso del método

propuesto por Aula y Ehrhard (1991) se obtuvo una mortalidad similar, de 1.37 año^{-1} . Por último, la fórmula empírica de Pauly se utilizó, a diferencia de las ecuaciones anteriores, para estimar la mortalidad natural (M), la cual se registró con un valor de 0.861 año^{-1} (Tabla VII). En ausencia de mortalidad por pesca (F) en este tipo de población, los valores de mortalidad total obtenidos equivalen a la mortalidad natural.

Tabla VII. Mortalidad total (Z=M) y natural de *S. xyris* estimada a partir de los diferentes métodos aplicados

MÉTODO	Z=/año
Curva de c. convertida a tallas	0.85
Jones y Van Zalinge	0.99
Beverton y Holt	1.38
Aula y Ehrhard	1.37
Fórmula empírica de Pauly	0.861

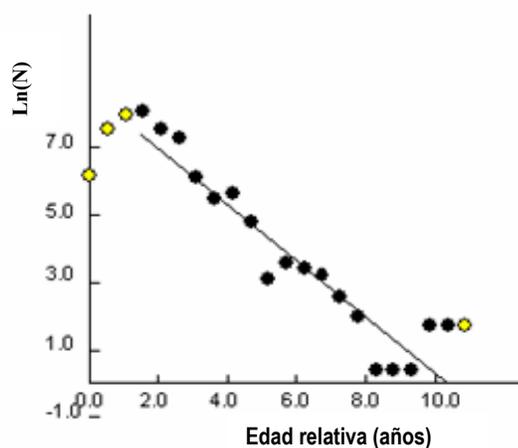


Fig. 13. Curva de captura linearizada para la estimación de la mortalidad total (Z) de *S. xyris*.

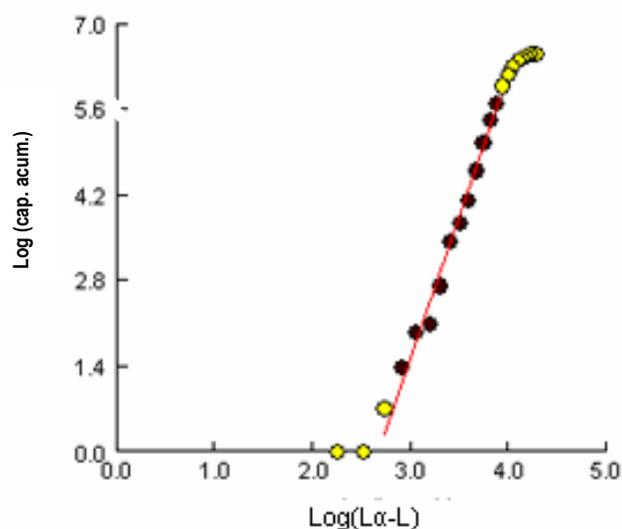


Fig. 14. Curva de captura acumulada de Jones y van Zalinge para la estimación de Z.

7. DISCUSIÓN

7.1. ECOLOGÍA TRÓFICA

El número y tipo de presas obtenidos como componentes del espectro trófico de *S. xyris* revelan los hábitos alimentarios de una especie carnívora especialista que se alimenta preferentemente de crustáceos. El grupo de los decápodos es el elemento principal que constituye su dieta y representó el 79% de las presas encontradas, tanto en el espectro trófico general como en las cabezas de coral. En el caso de las paredes rocosas, el porcentaje de este grupo, aunque fue menor, representó más del 50% de las presas. Estos resultados son similares a los registrados en estudios tróficos de *Scorpaena porcus*, *Scorpaena notata* (Relini et al., 2002; Arculeo et al., 1993) y *Sebastes atrovirens* (Díaz-Díaz y Hamman, 1987) realizados en el mar Mediterráneo y en la costa del Pacífico. Por lo tanto, los decápodos parecen ser las presas típicas de Scorpaenidos de talla pequeña a mediana (como ocurre con los géneros *Scorpaenodes* y *Scorpaena*),

independientemente de la especie, biotopo o zona geográfica considerada (Morte et al., 2001). Con estos datos, *S. xyris* se suma al resto de las especies ícticas que regulan la estructura de las comunidades bentónicas, al impactar algunas de las poblaciones de crustáceos dentro de los arrecifes rocosos de la bahía de La Paz y áreas adyacentes (Ojeda y Dearborn, 1991; Cruz-Escalona et al., 2000).

El análisis trófico de *S. xyris* muestra que su dieta se compone principalmente de siete grupos presa. La amplitud de su nicho ecológico calculada con base en estos datos, considera a la especie como un predador especialista. Esta clasificación se obtuvo de datos muy generales al no poder establecer la identidad individual de las presas. Por lo tanto, se puede inferir que la especie es muy selectiva únicamente en cuanto a los macrogrupos alimentarios. Sin embargo, si se considera la alta diversidad que existe dentro del grupo de los crustáceos decápodos, no lo es así. Hendrickx (1993; 1996) considera que existen aproximadamente 580 especies pertenecientes a este grupo en el golfo de California, por lo tanto, *S. xyris* podría presentar hábitos alimentarios generalistas dentro de este grupo.

La presencia constante de *S. xyris* en los estudios realizados (Balart et al., 2002; Romero-Ponce, 2002; González-Cabello, 2003) ofrece una confirmación de la gran importancia que presenta en los arrecifes rocosos. Su gran abundancia numérica ésta determinada por diversos factores tales como las interacciones predador-presa, la disponibilidad de hábitat, una relación inversa entre la tasa de natalidad y mortalidad. Se ha documentado que las interacciones predador-presa pueden determinar potencialmente la abundancia de los predadores (Hunter y Price, 1992; Menge, 1992), lo

que indica que la disponibilidad de las presas regulará la densidad de los predadores dentro de una comunidad (Stewart y Jones, 2001).

La depredación que ejerce *S. xyris* sobre el grupo de los crustáceos podría considerarse como una de las causas más importantes que explica la gran abundancia que presenta dentro de los ecosistemas arrecifales. Los valores del IVI registrados para las especies pertenecientes a este grupo son la base de esta afirmación. Los camarones, cangrejos, anfípodos y misidáceos se registraron como los cuatro grupos alimentarios más importantes, y representan, en un valor acumulativo, una importancia de 156 a 176% en las tres dietas analizadas. Las características de estos grupos de presas, las cuales le confieren a *S. xyris* su alta densidad, son la gran diversidad y abundancia que presentan dentro de los ecosistemas marinos.

Los microhábitats analizados (cabezas de coral y paredes rocosas) presentan diferencias distintivas en sus características estructurales. Las paredes rocosas son hábitats típicamente más oscuros, más expuestos y con un número limitado de refugios por unidad de área. Las cabezas de coral, por otro lado, están externamente iluminadas, aisladas y el número de refugios es mayor por unidad de área. Los brazos de los corales crean un ambiente más heterogéneo. La similitud de las dietas de *S. xyris* en estos ambientes, determinada mediante el índice de Morisita simplificado, sugiere que las diferencias estructurales que se presentan en estos dos hábitats, no modifican el uso de los recursos tróficos. Aun considerando que las diferencias estructurales de los hábitats impactan en el número de individuos y las especies que soportan (Depezynski y Bellwood, 2004)

Scorpaenodes xyris se encuentra asociado a cabezas de coral y paredes rocosas debido a la protección y probablemente también por la abundancia de alimento. Su comportamiento alimentario y sus patrones de coloración lo limitan a establecerse en ambientes con estas características. *S. xyris* es clasificado como un depredador emboscador que permanece en un solo sitio y acecha (Hughes, 1980; Harmelin-Vivien et al., 1989). Se caracteriza por presentar un poder de natación muy reducido. Por lo tanto, es incapaz de perseguir efectivamente a sus presas, las cuales son capturadas al colocarse dentro de su campo activo de alimentación (Hughes, 1980). Este comportamiento explica la similitud de las dietas, y se establece en sitios donde la abundancia de las presas de su preferencia es mayor, por lo que la probabilidad de obtener una presa en su campo de alimentación aumenta.

Una de las posibles explicaciones del porqué *S. xyris* exhibe una mayor depredación sobre los grupos de crustáceos se relaciona con la cantidad de calorías contenidas en la masa viva de una presa de este grupo. Por ejemplo, las calorías de un cangrejo son cinco veces mayor que las de un erizo y 2.5 veces más que las que contiene un mejillón (Ojeda y Dearborn, 1991). Estas observaciones sugieren que *S. xyris* maximiza la energía tomada en la captura de sus presas. Por lo que, el gasto energético requerido para capturar otro tipo de presas no se encuentra balanceado por el valor calórico obtenido.

Los cambios ontogenéticos observados en la alimentación de *S. xyris* se debe principalmente a las diferencias en la talla, el tamaño de la boca y la cantidad de energía requerida por el organismo. Se registró que los individuos de mayor talla consumen peces, mientras que los estadios juveniles se alimentan de especies pequeñas como misidáceos y anfípodos. En los

diferentes grupos de tallas, se observó el consumo de camarones y cangrejos, los cuales presentan diferencias en relación a su talla. Esto le confiere a *S. xyris* una ventaja al no ocurrir un traslape de nicho trófico entre los juveniles y los adultos. Los resultados sugieren que existe un patrón diferencial en la utilización de los recursos alimentarios de acuerdo a las distintas clases de tallas, como una posible estrategia ecológica para la optimización en el uso de los recursos alimentarios, y evitar la competencia intra-específica como sucede en otras especies (Labropoulou et al., 1998; Rojas-Herrera y Chiappa-Carrara, 2002).

Otro aspecto relacionado con los cambios en la dieta se observó en el número de presas registradas en los estómagos clasificados como COI. El 81% de las muestras pertenecientes a esta categoría presentaron un solo organismo en su interior. Las evidencias existentes reflejan que la talla de la presa es mayor al aumentar el tamaño del predador. Los factores que determinan este cambio es la optimización de la energía obtenida por unidad de esfuerzo, capturar la mayor cantidad de materia orgánica con la menor inversión posible. Por otro lado, el reducido número de organismos que consume esta relacionado con el aporte energético de sus presas, las cuales tienen un valor nutricional muy alto. Se considera que los invertebrados son la comida de más alta calidad, en términos de proteínas y energía, comparadas con los productores primarios como las algas, las macrofitas y el detritus (Bowen et al., 1995). Esto se puede observar, por ejemplo, en el consumo de 200 g de detritus que tiene que realizar un pez para obtener 1 g de proteína, mientras que el consumo de 7-8 g de un cangrejo aporta esta cantidad (Jobling, 1995).

Se podría situar, de forma general, a *S. xyris* como un consumidor secundario dentro del ecosistema arrecifal. El colocarlo en este nivel es demasiado simplificado debido a que a la luz de

los resultados obtenidos se observa que presenta cambios alimentarios a lo largo de su desarrollo. Por lo tanto es más adecuado situarlo en un nivel trófico secundario o terciario fraccionado, el cual cambia a lo largo de su crecimiento dependiendo del tipo de presas que consume (Christensen y Pauly, 1992). Esto se fundamenta en los diversos hábitos alimentarios de las presas, las cuales son consideradas como detritívoras, suspensívoras, filtradoras y carnívoras. El nivel trófico real que ocupa *S. xyris* no se puede establecer, de una forma más exacta, por la falta de información referente a los hábitos alimentarios específicos de las presas.

Por otro lado, los estudios de hábitos alimentarios de otros peces cripticos como *Paraclinus sini*, *Starksia spinipenis* y *Xenomeda rhodopyga* (Familia Labrisomidae) realizados por Kotrschal y Thomson (1986) dentro del golfo de California sugieren que presentan una competencia interespecífica con *S. xyris* dentro de los arrecifes rocosos. Estas especies de labrisomidos presentan hábitos y un comportamiento alimenticio similar a *S. xyris*, ya que consumen, en su mayoría, anfípodos, isópodos, cangrejos y camarones. En este grupo de especie, se puede estar presentando una mayor competencia al presentar el mismo comportamiento, la misma preferencia por cierto grupo de presas, así como por encontrarse asociadas a cabezas de coral y/o paredes rocosas al igual que *S. xyris* (Kotrschal y Thomson, 1986). El conocimiento de la fuerza de esta competencia, se podría establecer al realizar un trabajo más fino, conociendo tanto la identidad de las presas como el porcentaje de consumo.

Los resultados de este estudio revelan que *S. xyris* interviene en múltiples conexiones tróficas dentro del ecosistema arrecifal. La energía derivada del sistema es dispersada a partir de la fuente del arrecife por los grupos de presas consumidas como misidáceos, anfípodos, camarones,

cangrejos y peces. Ésta es reincorporada al arrecife como nutrientes a través de las heces fecales o muerte del organismo como primera vía. Por otro lado, no es posible establecer claramente las vías que sigue dentro del sistema, al no existir información referente a las especies que puedan estar ejerciendo una presión de depredación sobre *S. xyris* dentro de los arrecifes rocosos de la bahía de La Paz, B.C.S.

7.2. DINÁMICA POBLACIONAL

Scorpaenodes xyris puede alcanzar una edad relativa aproximada de 8 años de vida como máximo. Se determinó este periodo a partir de la curva de crecimiento generada por la relación inversa edad-longitud. Por lo tanto, esta edad al estar en función de la longitud debe ser considerada únicamente una aproximación debido a las variaciones que pueden presentarse en el crecimiento individual (Hilborn y Walters, 1992). Por otro lado, los parámetros como la longitud máxima y la velocidad de crecimiento registraron una ligera diferencia en los valores determinados. Se estableció una longitud teórica máxima de 81 a 83 mm y una tasa de crecimiento de 0.25 y 0.21. Por el contrario, las oscilaciones del crecimiento mostraron un comportamiento extremo al registrarse valores de 0.1 a 1. Las diferencias en relación a los parámetros pueden deberse a la variabilidad del crecimiento individual entre un año y otro, y a la diferencia en el tamaño de muestra obtenida en los dos años (Shepherd *et al.*, 1987; De anda-Montañez *et al.*, 1999). Esto sucede principalmente en el caso de los valores extremos de las oscilaciones, las cuales en muy pocas ocasiones se puede calcular con gran exactitud por la calidad de datos insesgados que se requieren para su cálculo (Sparre, 1990)

Los coeficientes de crecimiento (K) obtenidos para *S. xyris* muestran un valor relativamente bajo, lo cual es una de las características que presentan las especies demersales (Sparre y Venema, 1995). Algunos de los valores de K reportados para este tipo de especies como los góbidos *Pomatoschistus minutus* en el mar Wadden, el cual registró parámetros de $K= 0.92 \text{ año}^{-1}$ y $L_{\infty}= 89 \text{ mm}$ y *Gobius niger* del Mar Adriático con una $K= 0.30$ y $L_{\infty} = 185 \text{ mm}$ (Iglesias et al., 1997), permiten comparar la velocidad de crecimiento obtenida, y concluir que presentan el mismo comportamiento que *S. xyris*. Un valor de K de 0.21 a 0.25 por año, como el calculado a partir de los datos de longitud, indican que la velocidad a la cual *S. xyris* alcanza su longitud máxima es muy lenta.

La mortalidad natural es un factor clave en la ecología de las poblaciones de peces y uno de los parámetros para los cuales la obtención de una buena estimación es muy difícil (Macpherson et al., 2000). Las tasas de M estimadas para *S. xyris* a partir de los seis métodos empleados mostraron valores en un intervalo de 0.85 a 1.38 año^{-1} . Los métodos de Curva de captura convertida a tallas (Pauly, 1983; 1984), Jones y Van Zalinge (1981) y la fórmula empírica de Pauly (1980) estimaron la mortalidad con valores de 0.85 a 0.99 año^{-1} . Por el contrario, el método de Beverton y Holt (1956) y Aula y Ehrhard (1991) con valores más altos de 1.37 a 1.38 año^{-1} .

La mayoría de los modelos empleados, a excepción de la ecuación empírica de Pauly, se basa en el supuesto de una población estable (reclutamiento y mortalidad constantes). Además, consideran que el crecimiento se ajusta al modelo de von Bertalanffy y que todos los peces tienen la misma probabilidad de muerte. La violación del supuesto de estabilidad genera una sobrestimación de la tasa de mortalidad (Shepherd et al., 1987; Hilborn y Walters, 1992). En el caso de la dinámica

poblacional de los peces arrecifales el supuesto de estabilidad no se cumple (Rooij y Videler, 1997; Gust et al., 2002). Por lo tanto, los resultados obtenidos se deben considerar como una aproximación de la mortalidad real que *S. xyris* presenta dentro de los arrecifes rocosos.

El método de Pauly (1980) ha sido uno de los métodos utilizado para estimar la mortalidad natural dentro de los arrecifes (e.g. Munro y Williams, 1985; King, 1995). Se considera que este método puede generar estimaciones más precisas de la mortalidad natural (Cubillo et al., 1999) aunque ha sido criticado duramente. Este modelo, al ser derivado a partir de los datos obtenidos para 175 stocks distribuidos en 84 especies, de agua dulce y agua salada, y desde aguas polares a tropicales (Lawrence et al., 2002), no puede considerarse mas que una estimación de la mortalidad natural que *S. xyris* presenta. Al igual que en los métodos anteriores, un defecto obvio, es la suposición de que la mortalidad no es específica con la edad o la talla. Además de ignorar las causas de la mortalidad como la depredación, la disponibilidad de alimento y las enfermedades (Rooij y Videler, 1997).

La poblaciones de *S. xyris* dentro de los arrecifes rocosos de la bahía de La Paz, B.C.S. capturan la energía transferida a su nivel trófico a partir de las presas que consume. La energía obtenida permanece en este nivel trófico debido a la baja tasa de mortalidad natural y a la edad relativa estimada, además, la gran abundancia que presentó *S. xyris* en estudios previos, aunado a los resultados encontrados son un indicio de las interacciones que presenta la especie dentro de los arrecifes.

8. CONCLUSIONES

- *Scorpaenodes xyris* juega un rol importante dentro de la dinámica trófica del sistema arrecifal, ya que se ve involucrado en múltiples conexiones tróficas
- Se clasifica como un depredador carnívoro especialista en micro crustáceos al alimentarse principalmente de camarones, cangrejos, misidáceos y anfípodos.
- Presenta una selección de presas de acuerdo a la talla del pez.
- Las diferencias estructurales de los dos hábitats estudiados no generan cambios en la alimentación.
- Su abundancia probablemente se relaciona con la gran abundancia de su alimento y disponibilidad de refugios adecuados para su tamaño.
- El ciclo de vida de *S. xyris* dentro de los arrecifes de la bahía de La Paz esta caracterizado por una baja mortalidad y un crecimiento lento.
- A pesar de las limitaciones de este estudio se hace una novedosa contribución a la ecología de los peces crípticos arrecifales.
- Es conveniente realizar nuevas investigaciones acerca de su papel en relación al aporte energético a los niveles tróficos más altos en el ecosistema arrecifal rocoso y coralino.

9. LITERATURA CITADA

- Aburto-Oropeza, O., E. Sala y C. Sánchez-Ortiz. 2000. Feeding behavior, habitat use, and abundance of the angelfish *Holocanthus passer* (Pomacanthidae) in the southern Sea of Cortés. *Env. Biol. Fish.*, 57:435-442.
- Aburto-Oropeza, O. y E. F. Balart. 2001. Community structure of reef fish in several habitats of a rocky reef in the Gulf of California. *P. S. Z. N. Mar. Ecol.* 22(4):283-305.
- Ackermman, J. L. y D. R. Bellwood. 2000. Reef fish assemblages: a re-evaluation using enclosed rotenone stations. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 206: 227-237.
- Alevizon, W., R. Richardson, P. Pitts y G. Serviss. 1985. Coral zonation and patterns of community structure in Bahian reef fishes. *Bull. Mar. Sci.* 36: 304-318.
- Allen, R. G. y D. R. Robertson. 1994. *Peces del Pacífico Oriental Tropical*. CONABIO. 327 pp.
- Anderson, G.R.V., A.H. Ehrlich, P.R. Ehrlich, J.D. Roughgarden, B.C. Russell y F.H. Talbot. 1981. The community structure of coral reef fishes. *Am. Nat.* 117(4): 476-496.
- Arculeo, M., C., Frogliá y S. Riggio. 1993. Food partitioning between *Serranus scriba* and *Scorpaena porcus* (Perciformes) on an infralittoral ground of south Tyrrhenian Sea. *Cybium* 17(3):251-258.
- Arreola-Robles, J.L. y J.F. Elorduy-Garay. 2002. Reef fish diversity in the region of La Paz, Baja California Sur, Mexico. *Bull. Mar. Sci.* 70(1): 1-8.
- Arellano-Martínez, M, B. P. Cevallos-Vázquez, F. García-Domínguez y F. Galván-Magaña. 1999. Reproductive biology of the king angelfish *Holocanthus passer* Valenciennes 1846 in the Gulf of California, México. *Bull. Mar. Sci.* 65: 677-685.

- Balart, E. F., R. Romero-Ponce, L. Campos, O. Aburto, J. L. Castro-Aguirre , L. T. Findley, E. Amador, A. González y G. Paredes-Ríos. 2002 (a). Reef fish diversity and abundance on isolated coral heads in Bahía de La Paz, Gulf of California, Mexico. 82th annual meeting of the American Society of Ichthyologist and Herpetologists. University of Kansas, Kansas City, Missouri, USA. Julio 3-8, 2002.
- Balart, E. F., A. González, R. Romero, O. Aburto, L. Campo, J. L. Castro-Aguirre, L. T. Findley, E. Amador y G. Paredes-Ríos. 2002 (b). Diversidad y abundancia de peces arrecifales en Bahía de La Paz, Golfo de California: una evaluación del componente críptico en paredes y cabezas de coral. VIII Congreso Nacional de Ictiología. Puerto Ángel, Oaxaca. Noviembre 18-22, 2002.
- Beverton, R.J.H. y S.J., Holt. 1956. A review of methods for estimating mortality rates in exploited fish populations, with special reference to sources of bias in catch sampling. Rapp. P.-v. Réun. CIEM, 140: 67-83.
- Bowen, H. S., E. V. Lutz. y O.M. Ahlgren. 1995. Dietary Protein and energy as determinants of food quality: trophic strategies compared. Ecology 76(3) 899-907.
- Brock, R.E. 1982. A critique of the visual census method for assessing coral reef fish populations. Bull. Mar.Sci. 32: 269-275.
- Brusca, R.C. y G. J., Brusca. 1990. Invertebrates. SINAUER. USA. 922 pp.
- Brusca, C. R. y J.G., Brusca. Invertebrates. 2003. SINAUER. E.U.A. 936.
- Brusca, R.C. y D.A. Thomson. 1975. Pulmo reef : the only coral reef in the Gulf of California. Cienc. Mar. 1:37-53.

- Caley, M.J. 1995. Community dynamics of tropical reef fishes: local patterns between latitudes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 129:7-18.
- Callum, M.R. y R.F.G. Ormond. 1987. Habitat complexity and coral reef fish diversity and abundance on Red Sea fringing reefs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 41:1-8.
- Campos, E.1999. Taxonomical remarks and distribution of the genus *Pilumnus* in the Gulf of California, Mexico (Crustacea: Brachyura). *Anales del instituto de Biología Universidad Autónoma de México, Serie Zoología* 70(1):65-69.
- Cannicci, S., M.Gomei, B. Boddi y M. Vannini. 2002. Feeding habits and natural diet of the intertidal crab *Pachygrapsus marmoratus*: opportunistic browser or selective feeder?. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 54, 983–1001
- Cappo, M., P. Eden, S.T. Newman y S., Robertson. 2000. A new approach to validation of periodicity and timing of opaque zone formation in the otoliths of eleven species of lutjanus from the central Great Barrier Reef. *Fish. Bull.* 98:474-488.
- Caron, A., G. Desrosiers, P.J. Olive, C. Retiere y C. Nozais. 2004. Comparison of diet and feeding activity of two polychaetes, *Nephtys caeca* (Fabricius) and *Nereis virens* (Sars), in an estuarine intertidal environmental in Quebec, Canada. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 304: 225-242.
- Castro-Aguirre, J.L., E.F. Balart y J. Arvizu-Martínez. 1995. Contribución al conocimiento del origen y distribución de la ictiofauna del Golfo de California, México. *Hidrobiológica* 5: 57-78.
- Choat, H.J. y L.M., Axe. 1996. Growth and longevity in acanthurid fishes; an analysis of otolith increments. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 134: 15-26.

- Choat, J.H. y D.R. Bellwood. 1991. Reef fishes: their history and evolution. Pp. 46-53. In: Sale, P.F. (Ed.): The ecology of fishes of coral reefs. Academic Press.
- Choat, H.J., K.D., Clements y W. D., Robbins. 2002. The trophic status of herbivorous fishes on coral reefs.1: Dietary analyses. Mar. Biol. 140: 613-623.
- Choat, H.J., D.R., Robertson, J.L. Ackerman y J.M., Posada. 2003. An age-based demographic analysis of the Caribbean stoplight parrotfish *Sparisoma viride*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 246:265-277.
- Christensen, V. y D, Pauly. 1992. ECOPATH II— a software for balancing steady-state ecosystem models and calculating network characteristics. Ecological Modelling 61: 169-185.
- Coen, L.D. 1988. Herbivory by caribbean majid crabs feeding ecology and plant susceptibility. Jour. Exp. Mar. Biol. Ecol. 122(3):257-276.
- Collins, P.A. y J.C. Paggi. 1998. Feeding ecology of *Macrobrachium borelli* (Nobili) (Decapoda: Palaemonidae) in the flood valley of the River Parana, Argentina. Hydrobiología 362: 21-30.
- Contreras, F. 1985. Las lagunas costeras mexicanas. Centro de Ecodesarrollo/Secretaría de Pesca. 253 pp.
- Cruz-Escalona, V.H., Abitia-Cardenas, L.A., Campos-Dávila, L. y F., Galvan-Magaña.2000. Trophic interrelations of the three most abundant fish from laguna San Ignacio, Baja California Sur, México. Bull. Mar. Sci. 66(2):361-373.
- Csirke, J. B. 1989. Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. FAO, Documento Técnico de Pesca no.192. 80 pp.

- Cubillo, A. L., Alarcón, R. y A., Brante. 1999. Empirical estimates of natural mortality for the Chilean hake (*Merluccius gayi*): evaluation of precision. *Fisheries Research* 42: 147-153.
- De Anda-Montañez, A. Arreguín-Sánchez, F. y S., Martínez-Aguilar. 1999. Length-based growth estimates for pacific sardine (*Sardinops Sagax*) in the Gulf of California, México. *CalCOFI*. 40: 179-183.
- Depezynski, M. y D. R., Bellwood. 2003. The role of cryptobenthic reef fishes in coral reef trophodynamics. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 256: 183-191.
- Depezynski, M. y D. R., Bellwood. 2004. Microhabitat utilisation patterns in cryptobenthic coral reef fish communities. *Mar. Biol.* 145:455-463.
- Díaz-Díaz, M.E. y M. G., Hammann. 1987. Relaciones tróficas de los peces asociados a un manto de *Macrocystis pyrifera* en la bahía de Todos Santos, Baja California, México. *Cienc. Mar.* 13(4):81-96.
- Draud, M., D.E. Itzkowitz y M. Itzkowitz. 1990. Co-defense of territory space by two species of coral reef fishes. *Bull. Mar. Sci.* 47: 721-724.
- Gayanilo, F.C. Sparre, P. y D., Pauly. 1994. FISAT: The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT). User's manual. *FAO Computerized Information Series (Fisheries) No.7*. FAO. 126 pp.
- Gladfelter, W.B. y E.H. Gladfelter. 1978. Fish community structure as a function of habitat structure on west indian patch reefs. *Rev. Biol. Trop.* 26: 65-84.
- Gladfelter, W.B., J.C. Ogden y E.H. Gladfelter. 1980. Similarity and diversity among coral reef fish communities: A comparison between tropical western Atlantic (Virgin Islands) and tropical central Pacific (Marshall Islands) patch reefs. *Ecology* 61: 1156-1168.

- González Cabello, A. 2003. Variabilidad espacio-temporal de las asociaciones de peces crípticos en áreas arrecifales coralinas y rocosas de la región de La Paz, B.C.S. Tesis de Maestría. CIBNOR. 84 pp.
- Guerao, G. 1995. Locomotor activity patters and feeding habits in the prawn *Palaemon xiphias* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) in Alfaes bay, Ebro Delta (northwest Mediterranean). Mar. Biol. 122(1): 115:119.
- Gust, N., Choat, J.H. y J.L., Ackerman. 2002. Demographic plasticity in tropical reef fishes. Mar. Biol. 140:1039-1051.
- Harmelin-Vivien, M.L. R.A., Kaim-Malka, M., Ledoyer y S.S., Jacob-Abraham. 1989. Food partitioning among scorpaenid fishes in Mediterranean seagrass beds. J. fish Biol. 3: 715-734 pp.
- Hart, M.A. y G. R., Russ. 1996. Response of herbivorous fishes to crown-of-thorns starfish *Acanthaster planci* outbreaks. III. Age, growth, mortality and maturity indices of *Acanthurus nigrofuscus*. Mar. Ecol. Pro. Ser. 136:25-35.
- Hastings, P.A. 1988(a). Correlates of male reproductive success in the browncheek blenny, *Acanthemblemaria crockery* (Blennioidea: Chaenopsidae). Behav. Ecol. Sociobiol. 22:95-102.
- Hastings, P.A. 1988(b). Female choice and male reproductive success in the angel blenny, *Coralliozetus angelica* (Chaenopsidae). Animal Behavior 36:115-124.
- Hastings, P.A. 1991. The ontogeny of sexual dimorphism in *Coralliozetus angelica* (Chaenopsidae). Copeia 4:969-978.

- Hawkins, J.P., Roberts, M.C. y V., Clark. 2000. The threatened status of restricted-range coral reef fish species. *Animal Conservation* 3:81-88.
- Hendrickx, M.E.1993. Crustáceos Decápodos de Pacífico Mexicano. pp 271-318. In Biodiversidad del Mar y Costera de México. S.I. Salazar-Vallejo y N.E. González (eds.) Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México.
- Hendrickx, M. E. 1995a. Anomuros. 540-564 pp. In: Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro oriental. Vol. I. Plantas e Invertebrados. 646 p. W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. Carpenter y V. H. Niem. (Eds.) F.A.O., Roma Italia.
- Hendrickx, M. E. 1995b. Camarones. 418-537 pp. In: Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro oriental. Vol. I. Plantas e Invertebrados. 646 p. W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. Carpenter y V. H. Niem. (Eds.) F.A.O., Roma Italia.
- Hendrickx, M. E. 1995c. Cangrejos. 566-663 pp. In: Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro oriental. Vol. I. Plantas e Invertebrados. 646 p. W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. Carpenter y V. H. Niem. (Eds.) F.A.O., Roma Italia.
- Hendrickx, M. E. 1995d. Estomatópodos. 356-382 pp. In: Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro oriental. Vol. I. Plantas e Invertebrados. 646 p. W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. Carpenter y V. H. Niem. (Eds.) F.A.O., Roma Italia.
- Hendrickx, M. E. 1996. Habitats and biodiversity of decapod crustaceans in the SE of Gulf of California, Mexico. *Rev. Biol. Trop.* 44(2A):603-617.

- Hendrickx, M. E. 1997. Los Cangrejos Braquiuros. (Crustacea Brachyura: Dromiidae hasta Leucosiidae) del Pacífico Mexicano. CONABIO-UNAM. 178 pp.
- Hendrickx, M. E. y F. D. Estrada-Navarrete. 1996. Los camarones Pelágicos (Crustacea: Denndrobranchiata y Caridea) del Pacífico Mexicano. CONABIO-UNAM. 157 pp.
- Hendrickx, M. E. y J. Salgado-Barragán. 1991. Los estomatópodos (Crustacea: Hoplocarida) del Pacífico Mexicano. Pub. Esp. Inst. Cienc. Mar Limol. UNAM. 10(1):1-200
- Hernaman, V. Munday, L.P. y M.L., Schlappy. 2000. Validation of otolith growth-increment periodicity in tropical gobies. Mar. Biol. 137: 715-726.
- Hickma, C. Jr. y T. L. Zimmerman. 2000. A field guide to crustaceans of Galapagos. Sugar Spring Press. USA. 156 pp.
- Hilborn, R. y C. J., Walters. 1992. Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty. Chapman and Hall. USA. 570 pp.
- Hobson, E.S. 1968. Predatory behavior of some shore fishes in the Gulf of California. Bull. Sport Fish. Wildlife. Res. Rep. 1-92.
- Hugnes, N.R. 1980. Optimal foraging theory in the marine context. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 18: 423-481.
- Hunter, M. y A. Price. 1992. Playing chutes and ladders: heterogeneity and the relative roles of bottom-up and top-down forces in natural communities. Ecology 73:724-732.
- Huston, M.A. 1998. Biological Diversity. Cambridge University Press. Reino Unido. 681 pp.

- Iglesias, M., E. B. Brothres y B., Morales-Nin. 1997. Validation of daily increment deposition in otoliths. Age and growth determination of *Aphia minuta* (Pisces: Gobiidae) from the northwest Mediterranean. Mar. Biol. 129:279-287.
- Jennings, S., M.J. Kaiser y J.D., Reynolds. 2004. Marine Fisheries Ecology. United Kingdom. Blackwell. 417 pp.
- Jiménez Gutiérrez, S. V. 1999. Abundancia y estructura comunitaria de peces de arrecife rocoso en la zona de Isla Cerralvo, B. C. S., México. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del IPN. 91 p.
- Jobling, M. 1995. Environmental Biology of Fishes. Chapman and Hall. E.U.A. 455 pp.
- Jones, R. 1981. The use of length composition in fish stock assessments (with notes on VPA and cohort analysis). FAO. Fish. Circ. 734.
- Kotrschal, K. y D. A., Thomson. 1986. Feeding patterns in eastern tropical Pacific blennioid fishes (Teleostei: Tripterygiidae, Labrisomidae, Chaenopsidae, Blenniidae). Oecol. 70:367-378.
- Krebs, C. J. 1998. Ecological Methodology. Addison-Welsey. USA. 220 pp.
- Labropoulou, M., G. Tserpes y Tsimenides. 1998. Age, Growth and Feeding Habits of the Brown Comber *Serranus hepatus* (Linnaeus, 1758) on the Cretan shelf. Coastal and Shelf Sci. 46:723-732.
- Labropoulou, M. y A. Eleftheriou. 1997. The foraging ecology of two pairs of congeneric demersal fish species: importance of morphological characteristic in prey selection. J. Fish Biol. 50: 324-340.

- Lawrence, E., P. K. Richard y T. U., Mfon. 2002. Breeding, Growth, mortality and yield of the mudskipper *Periophthalmus barbarus* (Linnaeus 1766) (Teleostei: Gobiidae) in the Imo River estuary, Nigeria. *Fisheries Research* 56:227-238.
- Lee, S.Y. y R.T., Kneib. 1994. Effects of biogenic structure on prey consumption by the xanthid crabs *Eurytium limosum* and *Panopeus herbstii* in a salt marsh. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 104:39-47.
- Lewis, S.M.1986. The role of herbivorous fishes in the organization of a Caribbean Reef Community. *Ecol. Monogr.* 56(3):183-200.
- Lowe-McConnell, R.H. 1987. *Ecological studies in tropical fish communities.* Cambridge University Press. 382 p.
- Macpherson, E., A., Garcia-Rubies. y A., Gordo. 2000. Direct estimation of natural rates for littoral marine fishes using populational data from a marine reserve. *Mar. Biol.* 137: 1067-1076.
- Manickchand-Heileman, S. C. y T.A.D, Phillip. 2000. Age and growth of the yellowedge grouper, *Epinephelus flavolimbatus*, and the yellowmouth grouper, *Mycteroperca interstitialis*, off Trinidad and Tobago. *Fish. Bull.* 96:562-574.
- Marnane, J.M. y Bellwood, D.R.2002. Diet and nocturnal foraging in cardinalfishes (Apogonidae) at One Tree Reef, Great Barrier Reef, Australia. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 231:261-268.
- Martin, W.J. y E. G., Davis. 2001. An update classification of the recent Crustacea. 2001. Science Series No. 39. Natural History Museum of Los Angeles County:1-100.
- Menge, B.A. 1992. Community regulation: under what conditions are bottom-up forces important on rocky shores? *Ecology* 73:755-765.

- Molles, M.C. Jr. 1978. Fish species diversity on model and natural reef patches: experimental insular biogeography. Ecol. Monogr. 48: 289-305.
- Montgomery, W.L. 1980. comparative feeding ecology of two herbivorous damselfishes (Pomacentridae: Teleostei) from the Gulf of California, México. J. Exp. Mar. Biol. ecol. 47:9-24.
- Montgomery, W.L., T. Gerrodette y L. D. Marshall. 1980. Effects of grazing by the yellowtailsurgeonfish, *Prionurus punctatus*, on algal communities in the Gulf of California, Mexico. Bull. Mar. Sci. 30:477-481.
- Moreno, S. G. 1996. Distribución y Abundancia de larvas de peces de la bahía de La Paz, B.C.S., México, en febrero y agosto de 1990. Tesis de Licenciatura, U.A.B.C.S. 60 pp.
- Morte, S., J. M., Rendon y A., Sanz-Brau. 2001. Diet of *Scorpaena porcus* and *Scorpaena notata* (Pisces: Scorpaenidae) in the western Mediterranean. Cah. Biol. Mar. 42:333-344.
- Newman-Stephen, J.S., D.McB. Williams y G.R.,Russ. 1996. Variability in the population structure of *Lutjanus adetii* (Catelnau, 1873) and *L. quinquelineatus* (Bloch, 1790) among reefs in the central Great Barrier Reef, Australia. Fish. Bull. 94:313-329.
- Nelson,L.S.. 1994. Fishes of the World. John Wiley and Sons.USA. 600pp.
- Ojeda, P.F. y H.J.,Dearborn.1991. Feeding ecology of benthic mobile predators: experimental analyses of their influence in rocky subtidal communities of the Gulf of Maine. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 149:13-44.
- Pallaoro, A. y L. Jardas. 1991. Food and feeding habits of black scorpionfish (*Scorpaena porcus* L. 1758) (Pisces, Scorpaenidae) along the Adriatic coast. Acta Adriática 32(2):885-898.

- Paredes Ríos, G. A. 2000. Reclutamiento de peces de arrecife en Los Islotes, B. C. S. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur. 52 p.
- Pauly, 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. CEIM* 39 (2):175-172.
- Pauly, D. 1983. Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales. *FAO. Doc. Téc. Pesca* (234):1-49.
- Pauly, D. 1984. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. *ICLARM Stud. Rev.*8:1-325.
- Pauly, D. 1987. A review of the ELEFAN system for analysis of length-frequency data in fish and aquatic invertebrates. *ICLARM Con. Proc.*13:7-34
- Pauly, D. y N., David. 1981. ELEFAN I, a BASIC program for the objective extraction of growth parameters from length-frequency data. *Meeresforschung* 28(4):205-211.
- Pérez-España, H., F. Galván-Magaña y L. A. Abitia-Cárdenas. 1996. Variaciones temporales y espaciales en la estructura de la comunidad de peces de arrecifes rocosos del suroeste del Golfo de California, México. *Cienc. Mar.* 22(3):273-294.
- Pérez-España, H. y L. A. Abitia-Cárdenas. 1996. Description of the digestive tract and feeding habits of the king angelfish and the Cortez angelfish. *J. Fish. Biol.* 48:807-817.
- Pilling, G.M., S.R. Millner, W.M. Eusey, C.C. Mees, S. Rathancharen y R., Azemia. 2000. Validation of annual growth increments in the otoliths of the lethrinid *Lethrinus mahsena* and the lutjanid *Aprion virescens* from sites in the tropical Indian Ocean, with notes on the nature of growth increments in *Pristipomoides filamentosus*. *Fish. Bull.* 98:600-611.

- Plaza, G. Katayama, S. y M., Omori. 2001. Otolith microstructure of the black rockfish, *Sebastes inermis*. Mar. Biol. 139: 797-805.
- Poss, S.G. 1995. Peces Oseos. 1544 -1564 pp. In: Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro oriental. Vol. II. Vertebrados-parte 1810 p. W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. Carpenter y V. H. Niem. (Eds.) F.A.O., Roma Italia.
- Relini, G., M. Relini, G. Torchia, y G., De Angeles. 2002. Trophic relationships between fishes and an artificial reef. Bull. Mar. Sci. 59:36-42.
- Reyes-Bonilla, H. y L. E. Calderón-Aguilera. 1999. Population density, distribution and consumption rates of three corallivores at Cabo Pulmo Reef, Gulf of California, Mexico. P.S.Z.N. Mar. Ecol. 20(3-4):347-357.
- Rocha-Olivares, A. 1998. Age, growth, mortality, and population characteristics of the Pacific red snapper, *Lutjanus peru*, off the southeast coast of Baja California, México. Fish. Bull. 96:562-574.
- Rojas-Herrera, A. A. y X., Chiappa-Carrara. 2002. Hábitos alimenticios del flamenco *Lutjanus guttatus* (Pises: Lutjanidae) en la costa de Guerrero, México. Cienc. Mar. 28(2):133-147.
- Romero-Ponce, R. C. 2000. Estructura comunitaria de peces asociados a cabezas de coral en cuatro localidades de Bahía de La Paz, B. C. S., México. Tesis de Licenciatura. UABCS. 90 pp.
- Rooij, V. J. y J. J., Videler. 1997. Mortality estimates from repeat visual censuses of a parrotfish (*Sparisoma viride*) population: demographic implications. Mar. Biol. 128:385-396.
- Sale, P.F. y W.A. Douglas. 1984. Temporal variability in the community structure of fish on coral patch reefs and the relation of community structure to reef structure Ecol. 65:409-422.

- Sánchez O., C, J. L. Arreola R., O. Aburto O. y M. Cortés H. 1997. Peces de arrecife en la región de La Paz, B. C. S. Pp. 177-188. In Urbán R., J. & M. Ramírez R. (Eds), La Bahía de La Paz, investigación y conservación. UABCS-CICIMAR-SCRIPPS.345pp.
- Schmitt, L. W. 1983. Crustaceans. ANN HARBOR. USA. 204 pp.
- Schwamborn, L. S. H y Ferreira, P. B. 2002. Age structure and growth of the dusky damselfish, *Stegastes fuscus*, from Tamandaré reefs, Pernambuco, Brazil. *Envir. Biol. of fish.* 63:79-88.
- Shepherd, J.G., G.R. Morgan, J.A. Gulland y C.P Mathews.1987. Methods of analysis and assessment: report of working group II, P. 353-362. In D. Pauly y G.R. Morgan (eds.) Length-based Methods in fisheries research. ICLARM Conference Proceedings 13, 468 p. Internaional center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, y Kuwait Institute for Scientific Research, Safat, Kuwait.
- Sparre, Per. 1990. Can we use traditional Length-Based Fish stock Assessment when growth is seasonal? *Fishbyte-FAO.* 4 pp.
- Sparre, P. y S. C., Venema. 1995. Introducción a la evaluación de los recursos pesqueros tropicales. Parte 1- Manual. FAO. Doc. Téc. Pesca. (306/1): 1-407.
- Stewart, B.D. y G.P., Jones. 2001. Associations between the abundance of piscivorous fishes and their prey on coral reefs: implications for prey-fish mortality. *Mar. Biol.* 138:383-397.
- Thomson, D.A., L.T. Findley y A. N. Kerstitch. 2000. Reef fishes of the Sea of Cortez. University of Texas press, revised edition. 353 pp.
- Thomson, D. y M. Gilligan. 1983. The rocky-shore fishes. Pp. 98-129. In: Case, T.J. & m.l. Cody (eds.), *Island Biogeography in the sea of Cortez.* University of California Press. 508 p.

- Viherluoto, M. y M., Viitasalo. 2001. Temporal variability in functional responses and prey selectivity of the pelagic mysid, *Mysis mixta*, in natural prey assemblages. Mar. Biol. 138: 575-583.
- Williams,D.McB. 1982. Patterns in the distribution of fish communities across the central Great Barrier Reef. Coral Reefs 1:35-43.
- Williams,D.McB. 1986.Temporal variation in the structure of the reef slope fish communities (central Great Barrier Reef): short-term effects of *Acanthaster planci* Infestation. Mar. Ecol. Prog. Ser. 28: 157-164.
- Willis, T.J. 2001. Visual census methods underestimate density and diversity of cryptic reef fishes. J. fish Biol. 59: 1408-1411.
- Wootton, R.J. 1998. Ecology of Teleost Fishes. Kluwer Academic Publishers. London. 386 pp.

ANEXO I. Características generales, como la talla y los hábitos alimentarios, de las principales presas de *S. xyris*.

ESTOMATOPODOS

Neogonodactylus zacaе (Manning, 1972). Alcanza una longitud total máxima de 30 mm, presentan colores iridiscentes variables de amarillo a rojo oscuro o rojo-violeta brillante. Además, muestran pequeñas manchas o patrones cremas en ambos lados del abdomen y del tórax (Cleveland et al., 2000). Habita usualmente en la zona intermareal y en lugares de aguas someras en las costas marinas. Se refugian enterrándose en la arena, ocultándose en las cavidades de los corales o rocas. Se alimenta principalmente de otros crustáceos, peces, moluscos y gusanos poliquetos, incluso se alimentan de otros estomatópodos, es decir, ejercen el canibalismo (Schmitt, 1983).

CANGREJOS BRAQUIUROS

Los hábitos alimentarios de los braquiuros son a menudo difíciles de categorizar y pueden ser considerados como oportunistas omnívoros. Algunas de las especies son muy selectivas en su alimentación y, ciertamente, la mayoría de éstas que son clasificadas como herbívoras o carnívoras no están fuertemente especializadas (Coen, 1988; Cannicci et al., 2002)

Familia: Xanthidae

Cangrejos encontrados comúnmente en una gran variedad de hábitats en las zonas intermareales y submareales desde las costas rocosas templadas a los bosques de manglar tropical y arrecifes coralinos. Estos cangrejos pueden ser inconspicuos aun cuando abundan debido a que son relativamente pequeños (usualmente menores a 50 mm de la anchura del caparazón). Algunas especies son herbívoras y otras se considera que son comensales obligados de los corales, pero muchos son predadores, alimentándose principalmente de moluscos y otros cangrejos (Lee y Kneib, 1994).

Género: *Pilumnus*

El género *pilumnus* Leach, 1815 comprende un grupo de pequeños cangrejos velludos, los cuales son residentes típicos de hábitats rocosos (Campos, 1999). Son considerados cangrejos diminutos, 3.3 mm de la amplitud del caparazón, se encuentran en agregaciones de los balanos y en corales por lo que no son observados fácilmente. Viven en la zona submareal hasta los 25 m de profundida ((Hickman y Zimmerman, 2000)

CANGREJOS ANOMUROS

Familia: Porcellanidae

Género: *Petrolisthes*.

Los miembros del género *Petrolisthes* habitan en la zona submareal, asociados con los corales del género *Pocillopora* y *Pavona*, y bajo piedras cercanas a los corales. Se distribuyen desde el golfo de California a Chile y en Las Islas Galápagos. No se consideran cangrejos verdaderos. Se alimentan por filtración, utilizando las partes vellosas de su boca para atrapar activamente pequeños animales del agua (Hickman y Zimmerman, 2000)

MISIDÁCEOS

Los misidáceos son generalmente pelágicos o demersales pero son encontrados en todas las profundidades del océano. Algunos habitan en la zona intermareal y se entierran en la arena durante las mareas bajas. Se alimentan de fitoplancton, detritus y pequeñas especies de zooplancton al crear una corriente de suspensión alimenticia, así como de especies de zooplancton que se mueven activamente como copépodos al desplazarse por el fondo (Viherluoto y Viitasalo, 2001). Se pueden considerar como omnívoros-suspensívoros, herbívoros, zooplantívoros o detritívoros. Presentan una talla que va desde 2 mm hasta aproximadamente 8 cm (Brusca y Brusca, 1990).

ANFÍPODOS

Las aproximadas 6000 especies de anfípodos conocidos presentan un intervalo de longitud desde 1 mm a 25 cm. Estos organismos se encuentran en la mayoría de los ambientes marinos y dulceacuícolas. Existen muchas especies intermareales, y una gran mayoría de estas viven en asociación con otros invertebrados o algas marinas. Exhiben una gran variedad de estrategias alimentarias (Brusca y Brusca, 1990)

CAMARONES

Los camarones son uno de los grupos más diversos. Estos viven en todos los ambientes acuáticos a todas las profundidades. Muchos son pelágicos, pero otros son sedentarios-bentónicos, errantes o se entierran. Los hábitos alimentarios incluyen casi cada hábitat imaginable: suspensívoros, predadores, herbívoros, omnívoros y carnívoros, por ejemplo, algunos géneros de la familia Palaemonidae se consideran como omnívoros-carnívoros se alimentan principalmente de crustáceos pequeños como misidáceos, anfípodos, isópodos, copépodos, decápodos, ostrácodos y algas entre otros organismos (Brusca y Brusca, 1990; Guerao, 1995; Collins y Paggi, 1998).

Género: *Alpheus*

La coloración que presentan es variable dependiendo de la especie, usualmente verdes o café, y a menudo camuflageados con bandas o moteados. Algunas especies son más brillantes coloreadas.

Especie: *Alpheus bellimanus* Lockington, 1877

Camarones conocidos como pistoleros, la mayor parte de su ciclo de su ciclo de vida lo desarrollan en pareja. Presenta una longitud total de 46 mm. El cuerpo de un ejemplar de talla media es transparente ambar a rojo brillante con un par de puntos blancos distintivos en cada segmento abdominal. Vive bajo las rocas en la zona intermareal y en aguas profundas. Especie relativamente común que se encuentra desde California hasta Ecuador y las islas Galápagos (Hickman y Zimmerman, 2000).

ISÓPODOS Y TANAIIDÁCEOS

Animales considerados predominantemente bentónicos a pesar de que algunas especies son planctónicas o pueden nadar. Muchos habitan en el área de entre de mareas. Se encuentran especialmente en arrecifes donde se esconden bajo las rocas, en grietas, en conchas vacías o en tubos de gusanos poliquetos, entre algas marinas o animales sésiles tales como tunicados, hidróides y esponjas; algunas especies se entierran en la arena o fango (Schmitt, 1983). Los Isópodos incluyen especies marinas, de agua dulce y especies terrestres. Presentan una talla desde 0.5 a 440 mm. Sus hábitos alimentarios son extremadamente diversos, dependiendo de su ambiente y la estructura de su boca. Muchos son herbívoros u omnívoros, detritívoros o carnívoros. Por otro lado, los tanaidáceos son especies pequeñas que presentan una longitud de 0.5 a 2 cm. La mayoría son suspensívoros, otros son detritívoros o predadores (Brusca y Brusca, 1990).

POLIQUETOS

La mayoría de estos organismos son marinos, viven en hábitats desde la zona entre mareas hasta profundidades extremas. Presentan una longitud desde menos de 1 mm, para algunas especies que habitan entre los intersticios, a 3 m para algunas especies errantes. Los hábitos alimentarios pueden ser carnívoros, detritívoros o suspensívoros (Brusca y Brusca, 1990; Caron et al., 2004).

PECES

Familia: Gobiidae

Especie: *Elacatinus limbaughi*

Cabeza y parte anterior del cuerpo anaranjado rojo, que gradualmente llega a café oscuro en la parte posterior; cabeza con tres barras rosadas a blancuzcas y 9-10 barras blancas adicionales en el cuerpo. Golfo de California: Habita en arrecifes rocosos, limpia parásitos de otros peces (frecuentemente morenas). Alcanza 3.2 cm (Allen y Robertson, 1994).

Familia Tripterygiidae

Los “tres aletas” son habitantes de arrecifes tropicales y templados, de tamaño pequeño (usualmente 3-5 cm) y relativamente inconspicuos. Muchas de las especies de esta familia tienen colores crípticos o son semitransparentes; en combinación con su tamaño pequeño, con frecuencia

los hace difíciles de detectar. Viven en la superficie de los arrecifes, frecuentemente en áreas con vegetación en rocas cubiertas por algas o en piedras. Su alimentación consiste principalmente de invertebrados pequeños y de algas (Allen y Robertson, 1994).

ANEXO II. ELENCO SISTEMÁTICO

Elenco sistemático de las especies que forman parte de la dieta de *Scorpaenodes xyris*.

a) CRUSTÁCEOS (Martin et al., 2001).

Phylum: Arthropoda

Subphylum: Crustacea Brünnich, 1772

Clase: Malacostraca Latreille, 1802

Subclase: Hoplocarida Calman, 1904

Orden: Stomatopoda Latreille, 1817

Suborden: Unifeltata Latreille, 1817

Superfamilia: Gonodactyloidea Giesbrecht, 1910

Familia: Gonodactylidae Giesbrecht, 1910

Especie: *Neogonodactylus zaca* (Manning, 1972)

Subclase: Eumalacostraca Grobben, 1892

Superorden: Peracarida Calman, 1904

Orden: Mysida Haworth, 1825

Orden: Amphipoda Latreille, 1816

Orden: Isopoda Latreille, 1817

Suborden: Flabellifera Sars, 1882

Familia: Gnathiidae Leach, 1814

Gnathia sp

Orden: Tanaidacea Dana, 1849

Superorden: Eucarida Calman, 1904

Orden: Decapoda Latreille, 1802

Suborden: Pleocyemata Burkenroad, 1963

Infraorden: Caridea Dana, 1852

Superfamilia: Palaemonoidea Rafinesque, 1815

Familia: Palaemonidae Rafinesque, 1815

Subfamilia: Pontoniinae Kingsley, 1878

Superfamilia: Alpheoidea Rafinesque, 1815

Familia: Alpheidea Rafinesque, 1815

Especie: *Alpheus bellimanus* Lockington, 1877

Familia: Hippolytidae

Superfamilia: Processoidea Ortmann, 1890

Familia: Processidae Ortmann, 1890

Superfamilia: Pandaloidea Haworth, 1825

Familia: Pandalidae Haworth, 1825

Infraorden: Anomura Macleay, 1838

Superfamilia: Galattheoidea Samouelle, 1819

Familia: Porcellanidae Haworth, 1825

petroliste sp

Infraorden: Brachyura Latreille, 1802

Sección: Eubrachyura de saint Laurent, 1980

Subsección: Heterotremata Guinot, 1977

Superfamilia: Majoidea Samouelle, 1819

Familia: Mithracidae Blass, 1929

Mithrax sp

Superfamilia: Xanthoidea MacLeay, 1838

Familia: Pilumnidae Samouelle, 1819

Pilumus sp

Familia: Xanthidae s.l. MacLeay, 1852

B) PECES (Nelson, 1994)

Phillum: Chordata

Subphillum: Vertebrata

Superclase: Gnatostomata

Clase: Actinopterygii

Subclase: Neoptery

Orden: Perciformes

Suborden: Blennioidei

Familia: Tripterygiidae

Suborden: Gobioidi

Familia: Gobiidae

Elacatinus limbaughi (Hoese y Reader, 2001).