

A multivariate approach to the feeding ecology of the Channel flounder,  
*Syacium micrurum* (Pisces, Pleuronectiformes), in Cape Verde, Eastern Atlantic

Análisis multivariado de la ecología alimenticia del lenguado anillado,  
*Syacium micrurum* (Pisces, Pleuronectiformes), en Cabo Verde, Atlántico oriental

JF Marques<sup>1\*</sup>, CM Teixeira<sup>1</sup>, A Pinheiro<sup>1</sup>, K Peschke<sup>2</sup>, HN Cabral<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Centro de Oceanografia, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal.  
\*E-mail: jimarques@fc.ul.pt

<sup>2</sup> Johannes-Gutenberg Universität Mainz, Saarstrass 21, 55099 Mainz, Germany.

<sup>3</sup> Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento de Biologia Animal, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal.

### Abstract

The feeding ecology of the Channel flounder, *Syacium micrurum*, from Cape Verde was studied in November 2003 and April 2004, using frequency of occurrence and percentage by number indices, as well as multivariate analyses. Overall, *S. micrurum* exhibited a generalist feeding strategy with a relatively broad niche width. Analyses indicated Crustacea (especially Brachyura) and Polychaeta as the dominant prey items, although other items, such as Foraminifera, Caridae or Actinopterygii, were preyed on more often or in larger quantities, depending on the sampling date. An ontogenetic shift in diet was also observed with small-sized individuals mostly consuming Crustacea, whereas medium- or large-sized specimens fed on Actinopterygii more often. Diet composition appeared to be more related to differences in benthic assemblages between sampling dates due to the geographical characteristics of Cabo Verde. Results presented here support the need for further studies in the area, mainly those considering the composition and seasonal variation of invertebrate communities, to improve the knowledge of the trophic structure of commercially important species within this area.

*Key words:* Cape Verde, diet diversity, flatfish, Paralichthyidae, *Syacium micrurum*.

### Resumen

En noviembre de 2003 y abril de 2004 se estudió la ecología alimenticia del lenguado anillado, *Syacium micrurum*, de Cabo Verde, usando los índices de frecuencia de ocurrencia y porcentaje por número, así como un análisis multivariado. En general, *S. micrurum* mostró una estrategia de alimentación generalista y relativamente diversificada. Los análisis indicaron que entre sus presas predominaron los crustáceos (particularmente braquiuros) y poliquetos, aunque otros grupos como los Foraminifera, Caridae o Actinopterygii aparecen con mayor frecuencia o en mayor cantidad, dependiendo de la época de muestreo. También se observó un cambio ontogénico en la dieta: los individuos más pequeños consumieron sobre todo crustáceos, mientras que los medianos y grandes se alimentaron con mayor frecuencia de actinopterygios. La composición de la dieta parece estar más relacionada con la composición específica de la comunidad bentónica en las épocas de muestreo, debida a su vez a las características geográficas de Cabo Verde. Los resultados presentados en este trabajo apoyan la necesidad de profundizar en este tipo de estudios, particularmente considerando la composición de las comunidades de invertebrados y su variación estacional, de manera que se profundice en el conocimiento de la estructura trófica de las especies de interés comercial que habitan en Cabo Verde.

*Palabras clave:* Cabo Verde, diversidad alimenticia, Paralichthyidae, peces planos, *Syacium micrurum*.

### Introduction

Pleuronectiformes (flatfish) are ecologically and economically important worldwide as they convert benthic production into a form suitable for human consumption. Although they only represent 0.01% of the global fishery landings, their value per ton reaches more than US\$ 2000 (FAO 2007). Paralichthyidae (large-tooth flounders) is one of the main commercially important flatfish families in the Atlantic (Coronado and Amezcua 1988, Diaz de Astarloa

### Introducción

Los Pleuronectiformes (peces planos) son de importancia ecológica y económica a nivel mundial ya que convierten la producción béntica en una forma apropiada para el consumo humano. A pesar de que sólo representan 0.01% de las capturas pesqueras globales, su valor por tonelada alcanza los US\$ 2000 (FAO 2007). La familia Paralichthyidae (platijas de diente grande) es una de las familias de peces planos de mayor importancia comercial en el Atlántico (Coronado y Amezcua

2002) and the genus *Syacium* one of the widest distributed in tropical and subtropical waters (Munroe 2005). *Syacium guineensis* (Bleeker 1862), *S. micrurum* Ranzani 1842, and *S. papillosum* (Linnaeus 1758) are distributed in the eastern Atlantic, but it has been suggested that specimens identified as *S. micrurum* in this area should be reported as *S. guineensis*, with *S. micrurum* only occurring in the western Atlantic (Froese and Pauly 2008). Recent studies, however, have pointed out that most species inhabiting the tropical eastern Atlantic (Gulf of Guinea) originated in the tropical western Atlantic, such as the coasts of Brazil and the Caribbean (e.g., Bernardi *et al.* 2004, Rocha *et al.* 2005), and several amphiatlantic species have been recorded in the eastern Atlantic (e.g., Monteiro *et al.* 2008).

The present study provides new and detailed information on the feeding ecology of the Channel flounder, *S. micrurum*, in Cape Verde, a tropical oceanic ecosystem in the eastern Atlantic. Here, *S. micrurum* constitutes an important commercial resource although, according to Medina *et al.* (2007), it is not one of the 18 most commercially important species in the archipelago. Still, on São Vicente Island more than 10 t are landed each year, representing about 1.3% of the total fish landings (Cape Verde Institute for Fisheries Development [Instituto Nacional de Desenvolvimento das Pescas, INDP], pers. comm.). Knowledge on the status of fishery stocks within this area, and in West Africa in general, is scarce but results of the few studies conducted so far indicate an overexploitation of targeted species, particularly those of high trophic levels (e.g., Laurans *et al.* 2004, Sidibé *et al.* 2004). This will affect the overall patterns of fisheries production and is, therefore, of crucial importance to evaluate and monitor the status of stocks. The United Nations (see The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA) 2006, produced by FAO 2007, and references therein) and projects such as ISTAM (Improve Scientific and Technical Advice for Fisheries Management, European Commission), already include the gathering of information about fishery resources as an objective, but fish feeding ecology has rarely been considered in the context of the evaluation of stock dynamics. Nevertheless, it is widely accepted that knowledge of prey-predator trophic interactions is critical for understanding ecosystem functioning (e.g., Sims 2003, Jaworski and Ragnarsson 2006, Plavan *et al.* 2007) since the relative abundance of prey is, generally, one of the main factors determining the distribution patterns of animals.

Based on stomach content analyses, the present study aims to identify the main prey items of *S. micrurum* and to evaluate the relative importance of environmental (e.g., current patterns, prey abundance) and biological (e.g., fish size, sex, maturity or condition) factors in diet composition, improving the knowledge of this species' ecology and significantly contributing to improve stock evaluation information for this species.

1988, Diaz de Astarloa 2002) y el género *Syacium* es uno de los de mayor distribución en aguas tropicales y subtropicales (Munroe 2005). *Syacium guineensis* (Bleeker 1862), *S. micrurum* Ranzani 1842 y *S. papillosum* (Linnaeus 1758) se distribuyen en el Atlántico oriental, aunque se ha planteado que los especímenes registrados como *S. micrurum* en esta zona deberían de ser identificados como *S. guineensis*, encontrándose *S. micrurum* sólo en el Atlántico occidental (Froese y Pauly 2008). Por otro lado, estudios recientes han señalado que la mayoría de las especies que habitan en el Atlántico oriental tropical (Golfo de Guinea) tuvieron su origen en el Atlántico occidental tropical, como en las costas de Brasil y el Caribe (e.g., Bernardi *et al.* 2004, Rocha *et al.* 2005), y se han registrado varias especies anfiatlánticas en el Atlántico oriental (e.g., Monteiro *et al.* 2008).

En el presente estudio se proporciona información nueva y detallada sobre la ecología alimenticia del lenguado anillado, *S. micrurum*, en Cabo Verde, un ecosistema tropical en el Atlántico oriental. Aquí *S. micrurum* constituye un importante recurso comercial aunque, según Medina *et al.* (2007), no es una de las 18 especies de mayor importancia comercial en el archipiélago. Aún así, en la isla de San Vicente, anualmente se desembarcan más de 10 t, lo que representa alrededor de 1.3% de las capturas totales de peces (Instituto Nacional de Desarrollo de la Pesca [INDP], Cabo Verde, com. pers.). Existe poca información sobre el estado de las poblaciones de peces dentro de esta zona, y en África occidental en general, pero los resultados de unos cuantos estudios realizados a la fecha indican una sobreexplotación de especies objetivo, particularmente los de altos niveles tróficos (e.g., Laurans *et al.* 2004, Sidibé *et al.* 2004). Esto afectará el patrón global de la producción pesquera, por lo que resulta muy importante evaluar y monitorear el estado de las poblaciones ícticas. Las Naciones Unidas (ver El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura 2006, producido por la FAO en 2007, y sus referencias) y proyectos como el ISTAM (*Improve Scientific and Technical Advice for Fisheries Management*, Comisión Europea) ya tienen como objetivo recaudar información sobre recursos pesqueros, pero rara vez se ha considerado la ecología alimenticia de peces en el contexto de la evaluación de su dinámica poblacional. No obstante, se reconoce ampliamente la importancia de la información sobre las interacciones predador-presa para entender el funcionamiento del ecosistema (e.g., Sims 2003, Jaworski y Ragnarsson 2006, Plavan *et al.* 2007) puesto que la abundancia relativa de la presa es, en general, uno de los principales factores que determinan los patrones de distribución animal.

Con base en el análisis del contenido estomacal, el objetivo de este trabajo fue identificar las principales presas de *S. micrurum* y evaluar la importancia relativa de factores tanto ambientales (e.g., patrones de corrientes, abundancia de presas) como biológicos (e.g., tamaño, sexo, madurez o condición de los peces) en la composición de la dieta, contribuyendo así a un mejor conocimiento de la ecología de esta especie y contar con más información sobre la evaluación de sus poblaciones.

## Material and methods

### Study area and fish sampling

Cape Verde Archipelago (Republic of Cape Verde) consists of ten islands and nine islets, divided into the Windward and Leeward groups (fig. 1), and is located 600 km west of Dakar, Senegal, the westernmost point of continental Africa. Two main seasons are recognized in the archipelago: a warm one, between May and November, and a cold one, between December and April, with surface water temperatures 5°C or 6°C higher in the warm season (Pérez-Rodríguez *et al.* 2001). These differences are mainly related to the influence of the seasonal circulation patterns of the North Equatorial Counter-Current (NECC) and the Canary Current (CC). From April to June the NECC, located in the southeastern part of the archipelago, gradually expands westwards and northwards, covering the whole area by the end of July. During August and September the current reaches its northernmost position and from October to March it becomes narrower, reaching the lowest latitudes in the south of Cape Verde. Although it does not show a marked seasonal pattern, the CC is more intense and wider in the first half of the year, and weaker and closer to the African coast from July onwards (Lázaro *et al.* 2005). The encounter of the NECC and CC systems near Cape Verde forms a large frontal system favoring the existence of a distinct and abundant marine fauna, which is characteristic of the biogeographic region of Macaronesia.

*Syacium micrurum* were sampled from commercial fishing vessels operating with gill nets off São Vicente Island (fig. 1) in November 2003 (177 individuals) and April 2004 (236 individuals). All specimens were measured (total length  $\pm 1$  mm), weighed (total weight  $\pm 0.1$  g), and sexed. Their gonad development was classified as: I, immature; II, developing; III,

## Materiales y métodos

### Área de estudio y muestreo de peces

El archipiélago de Cabo Verde (República de Cabo Verde) consiste de diez islas y nueve islotes que se dividen en dos grupos: Barlovento y Sotavento (fig. 1). Localizado a 600 km al oeste de Dakar, Senegal, el punto más occidental del continente africano, Cabo Verde se caracteriza por tener dos estaciones principales: una cálida, entre mayo y noviembre, y una fría, entre diciembre y abril, con temperaturas superficiales del agua de 5°C a 6°C mayores durante la primera (Pérez-Rodríguez *et al.* 2001). Estas diferencias se derivan principalmente de la influencia de los patrones estacionales de circulación de la Contracorriente Norecuatorial (CCNE) y la Corriente de Canarias (CC). De abril a junio la CCNE, en la parte sureste del archipiélago, se expande gradualmente hacia el oeste y el norte, abarcando toda el área hacia finales de julio. En agosto y septiembre la corriente alcanza su posición más septentrional, para luego hacerse más angosta entre octubre y marzo, cuando alcanza sus menores latitudes al sur de Cabo Verde. Aunque no muestra un marcado patrón estacional, la CC es más intensa y ancha durante la primera mitad del año, y más débil y cerca de la costa africana a partir de julio (Lázaro *et al.* 2005). Al encontrarse los dos sistemas cerca de Cabo Verde, se forma un gran sistema frontal que favorece la existencia de una fauna marina particular y abundante, característica de la región biogeográfica macaronésica.

Se muestrearon especímenes de *S. micrurum* capturados por barcos pesqueros comerciales con redes agalleras en la isla de San Vicente (fig. 1) en noviembre de 2003 (177 individuos) y abril de 2004 (236 individuos). Todos los especímenes fueron medidos (longitud total  $\pm 1$  mm) y pesados (peso total  $\pm 0.1$  g), y se les determinó su sexo. El desarrollo gonádico se clasificó como: I, inmaduro; II, en desarrollo; III, en desove; y IV, pos-desove (Cabral 1998). También se determinó tanto el peso gonádico como el hepático para calcular el índice gonadosomático (GSI, peso gonádico/peso corporal  $\times 100$ ) y el índice hepatosomático (HSI, peso hepático/peso corporal  $\times 100$ ). A cada individuo se le retiró el estómago, el cual fue preservado en etanol al 70% para posteriormente ser disectado bajo un microscopio estereoscópico (hasta 40 $\times$  de magnificación). Se contaron todas las presas y se clasificaron de acuerdo con la taxonomía presentada en el Registro Europeo de Especies Marinas (MarBEF 2008).

### Análisis de datos

Considerando que todas las especies que exhiben dimorfismo sexual generalmente también muestran algún tipo de segregación sexual en su hábitat (Sims 2003), se determinaron las diferencias en la dieta de *S. micrurum* según el sexo mediante una prueba *t* para muestras independientes. Para normalizar los datos y estandarizar la varianza, el número de componentes de cada taxón de presa registrado para cada pez fue transformado mediante  $\log(x + 1)$  antes de realizar las

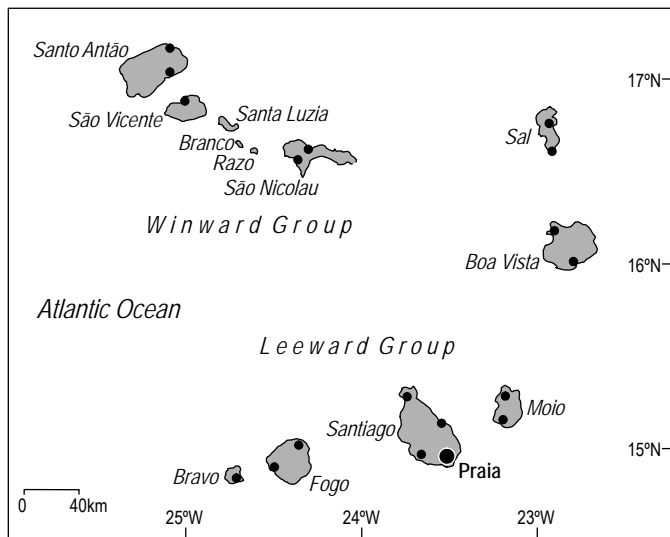


Figure 1. Location of the study area.

Figura 1. Localización del área de estudio.

spawning; and IV, post-spawning (Cabral 1998). Gonad weight and liver weight were also determined in order to calculate the gonadosomatic index (GSI, gonad weight/body weight  $\times$  100) and the hepatosomatic index (HSI, liver weight/body weight  $\times$  100). The stomach of each fish was removed, preserved in 70% ethanol, and later dissected under a stereomicroscope (up to 40 $\times$  magnification). All prey items were then counted and classified according to the taxonomy presented in the European Register of Marine Species database (MarBEF 2008).

### Data analyses

As species that exhibit sexual dimorphism also generally show some kind of sexual segregation in habitat (Sims 2003), differences in *S. micrurum* diet according to sex were tested by an independent samples *t*-test. To normalize data and standardize variance, the number of items of each prey taxon registered for each fish was  $\log(x + 1)$  transformed prior to running the tests, one for the sample obtained in November and another for the sample obtained in April. Tests were carried out using SPSS software (SPSS Inc.) and considering a significance level of 0.05. Analysis of the relative importance of food items was performed using the frequency of occurrence of each prey item (%*Fi*) and its percentage by number (%*Ni*): %*Fi* was calculated as the number of stomachs with prey item *i* compared with all nonempty stomachs, while %*Ni* was calculated as the number of prey item *i* compared with the total number of prey items (Hyslop 1980). Given that most prey items presented a high degree of digestion, their weight could not be correctly determined and, therefore, was not taken into consideration. The rate of feeding activity was also calculated and expressed as the vacuity index:  $V = N_e/N_s$ , where  $N_e$  is the number of empty stomachs and  $N_s$  is the total number of stomachs examined.

To evaluate changes in diet according to the ontogenetic development of individuals or environmental differences between the two sampling dates, cluster and correspondence analyses of data were used. To avoid redundancy defining length classes based on diet similarities, data were grouped into 30-mm length classes and a cluster analysis based on the %*Ni* values for each length class was performed, using the Bray-Curtis dissimilarity, since it accounts for joint occurrences, and the group-average agglomeration method. For each sampling date, dietary diversity within each size class was assessed considering the number of different taxa found (*S*), the Shannon-Wiener diversity index (*H'*), and the Pielou evenness index (*J'*). Two recently developed indices of diversity were also used: taxonomic diversity (i.e., the taxonomic "breadth" within a sample,  $\Delta$ ) and taxonomic distinctness (i.e., the length of the taxonomic path between two taxa,  $\Delta^+$ ) (Clarke and Warwick 1998, 1999; Warwick and Clarke 2001). These indices give information about the "relatedness" of prey items and, therefore, about diet preference. These analyses were conducted using PRIMER 5 software (PRIMER-E Ltd. 2001).

pruebas, una para la muestra obtenida en noviembre y otra para la de abril. Las pruebas se realizaron usando el paquete estadístico SPSS (SPSS Inc.) y considerando un nivel de significancia de 0.05. El análisis de la importancia relativa de las presas o componentes alimenticios se realizó usando la frecuencia de ocurrencia de cada presa (%*Fi*) y su porcentaje por número (%*Ni*): %*Fi* se calculó como el número de estómagos con una presa *i* en comparación con todos los estómagos no vacíos, mientras que %*Ni* se calculó como el número de presas *i* en comparación con el número total de presas (Hyslop 1980). Dado que la mayoría de las presas presentaron un alto grado de digestión, no fue posible determinar correctamente su peso y, por tanto, no se tomó en consideración. También se calculó la tasa de actividad alimentaria y se expresó como el índice de vacuidad:  $V = N_e/N_s$ , donde  $N_e$  es el número de estómagos vacíos y  $N_s$  es el número total de estómagos examinados.

Para evaluar cambios en la dieta de acuerdo con el desarrollo ontogenético de los individuos o las diferencias ambientales entre las dos fechas de muestreo, se llevaron a cabo análisis de conglomerados y de correspondencia. Para evitar una redundancia al definir las clases de talla (longitud) con base en las similitudes de la dieta, los datos se agruparon en clases de talla de 30 mm y se analizaron con base en los valores de %*Ni* para cada clase usando la disimilitud de Bray-Curtis (ya que considera las ocurrencias conjuntas) y el método de aglomeración de promedios de grupos. Para cada fecha de muestreo se evaluó la diversidad de la dieta dentro de cada clase de talla considerando el número de diferentes taxones encontrados (*S*), el índice de diversidad de Shannon-Wiener (*H'*) y el índice de equitatividad de Pielou (*J'*). También se utilizaron dos índices de diversidad desarrollados recientemente: diversidad taxonómica (i.e., la "anchura" taxonómica dentro de una muestra,  $\Delta$ ) y distinción taxonómica (i.e., la longitud de la ruta taxonómica entre dos taxones,  $\Delta^+$ ) (Clarke y Warwick 1998, 1999; Warwick y Clarke 2001). Estos índices proporcionan información sobre la potencial relación entre presas y, consecuentemente, de las preferencias alimenticias. Estos análisis se realizaron usando la paquetería PRIMER 5 (PRIMER-E Ltd. 2001).

También se calcularon los índices %*Fi* y %*Ni* para cada combinación de clase de talla, sexo, estado de maduración y fecha de muestreo (29 muestras) considerando los principales componentes alimenticios, esto es, los que representaban por lo menos 10% de las presas ingeridas y encontradas en más de una muestra. Para determinar las diferencias en el consumo de presas según la clase de talla, sexo, estado de maduración y fecha de muestreo, se realizaron análisis de correspondencia usando los datos de %*Fi* y %*Ni* con la paquetería CANOCO 4.5 (ter Braack y Smilauer 2002). Dado que los datos de %*Ni* resultantes no fueron concluyentes, también se realizó un análisis de conglomerados para agrupar las muestras con base en la similitud del número de presas ingeridas. Para este análisis se utilizó la paquetería PRIMER 5, así como la disimilitud de Bray-Curtis y el método de aglomeración por promedios de grupos.

The indices %*Fi* and %*Ni* were also calculated for each combination of size class, sex, maturation stage, and sampling date (29 samples) considering the main prey items, i.e., those representing at least 10% of the prey ingested and found in more than one sample. To assess differences in prey consumption according to size class, sex, maturation stage, and sampling date, correspondence analyses were performed using the %*Fi* and %*Ni* data in CANOCO 4.5 software (ter Braack and Smilauer 2002). Because results for the %*Ni* data were inconclusive, a cluster analysis was also performed in order to group samples based on the similarity of the number of prey ingested. This analysis was run using PRIMER 5 software, as well as the Bray-Curtis dissimilarity measure and the group-average agglomeration method.

**Results**

*Sample composition*

A total of 413 Channel flounder were collected during the study, measuring between 153 and 316 mm total length (TL) (table 1). The largest size was registered in a female specimen sampled in April and the smallest in a male specimen sampled in November. All individuals were adults and in maturation stage II or III, although a higher proportion of individuals in stage III was found in April (fig. 2). Average GSI and HSI values were also higher in females sampled in April (table 1).

*Fish diet*

No statistical differences were found in the number of each prey taxon ingested by each sex within each sampling date ( $t < 1.687, P > 0.05$  in all tests). The diet of *S. micrurum* consisted mainly of Crustacea (particularly Brachyura) and Polychaeta, as indicated by their high frequency of occurrence (%*Fi*) and percentage by number (%*Ni*) in both sampling dates (table 2); however, Foraminifera was also an important prey in April, presenting the highest value of %*Ni*. Although the number of taxa consumed (S) and diet diversity (H') and evenness (J') were very similar in both months, values of these indices were

**Resultados**

*Composición de las muestras*

Durante el estudio se recolectaron un total de 413 lenguados anillados entre 153 y 316 mm de longitud total (LT) (tabla 1). La talla mayor correspondió a una hembra muestreada en abril y la menor a un macho recolectado en noviembre. Todos los individuos fueron adultos y en etapa de maduración II ó III, aunque se encontró una mayor proporción de individuos en etapa III en abril (fig. 2). Los promedios de GSI y HSI también resultaron más altos para las hembras muestreadas en abril (tabla 1).

*Dieta de los peces*

No se encontraron diferencias estadísticas en el número de cada taxón de presa ingerida por cada sexo durante cada fecha de muestreo ( $t < 1.687, P > 0.05$  en todas las pruebas). La dieta de *S. micrurum* consistió principalmente de crustáceos (particularmente braquiuros) y poliquetos, como lo indica su alta

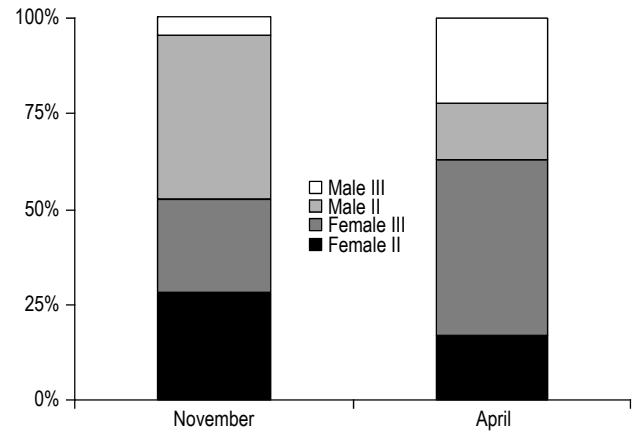


Figure 2. Percentage of individuals at each maturation stage in each sampling date (II, developing; III, spawning).

Figura 2. Porcentaje de individuos en cada etapa de maduración en cada fecha de muestreo (II, en desarrollo; III, en desove).

Table 1. Size range (minimum to maximum total length [TL ] in millimetres) of female and male *Syacium micrurum* sampled in Cape Verde and the average values obtained for their gonadosomatic index (GSI) and hepatosomatic index (HSI). Diet diversity within each sampling date is indicated by the values of its taxon richness (S), Shannon-Weaver's diversity (H'), Pielou's evenness (J'), taxonomic diversity (Δ), and taxonomic distinctness (Δ<sup>+</sup>). Rate of feeding activity, evaluated by the vacuity index (V), is shown as a percentage.

Tabla 1. Intervalo de talla (longitud total [TL] mínima a máxima en milímetros) de hembras y machos de *Syacium micrurum* muestreados en Cabo Verde y promedios obtenidos para sus índices gonadosomático (GSI) y hepatosomático (HSI). La diversidad de la dieta en cada fecha de muestreo se indica con los valores de su riqueza de taxones (S), diversidad de Shannon-Weaver (H'), equitatividad de Pielou (J'), diversidad taxonómica (Δ), y distinción taxonómica (Δ<sup>+</sup>). La tasa de actividad alimentaria, evaluada mediante el índice de vacuidad (V), se muestra como porcentaje.

Season	Sex	N	TL (mm)	GSI	HSI	S	H'	J'	Δ	Δ <sup>+</sup>	V (%)
November	F	93	206–295	1.5	1.2	15	1.59	0.56	30.42	48.34	42.94
	M	84	153–308	0.2	0.7						
April	F	148	190–316	2.7	1.5	13	1.09	0.40	50.18	86.04	11.86
	M	88	201–309	0.2	0.9						

Table 2. Relative importance of food items found in the stomach content of *Syacium micrurum* in Cape Verde according to their frequency of occurrence (*F*) and numerical frequency (*N*) (n.i., not identified).

Tabla 2. Importancia relativa de las presas encontradas en el contenido estomacal de *Syacium micrurum* en Cabo Verde de acuerdo con su frecuencia de ocurrencia (*F*) y frecuencia numérica (*N*) (n.i., no identificado).

Prey	November		April	
	<i>F</i>	<i>N</i>	<i>F</i>	<i>N</i>
Algae	–	–	0.005	0.000
Protoctista				
Granuloreticulosa				
Foraminifera	–	–	0.058	0.503
Animalia				
Cnidaria	0.040	0.006	0.058	0.005
Sipuncula				
Sipunculidea				
Golfingiida	0.010	0.001	–	–
Mollusca				
Conchifera				
Gastropoda	0.059	0.017	0.014	0.001
Cephalopoda				
Octopoda	0.109	0.028	0.024	0.002
Mollusca n.i.	–	–	0.014	0.004
Arthropoda				
Crustacea				
Malacostraca				
Amphipoda	–	–	0.014	0.001
Decapoda				
Anomura	0.198	0.043	0.067	0.008
Brachyura	0.792	0.591	0.904	0.402
Caridae	0.238	0.089	0.313	0.040
Decapoda n.i.	0.089	0.024	–	–
Isopoda	–	–	0.010	0.001
Stomatopoda	0.079	0.024	–	–
Annelida				
Polychaeta	0.356	0.077	0.365	0.028
Echinodermata				
Asterozoa				
Stelleroidea				
Ophiurida	0.010	0.001	–	–
Chordata				
Vertebrata				
Actinopterygii				
Gadiformes	0.010	0.001	–	–
Perciformes	0.010	0.001	–	–
Pleuronectiformes	0.069	0.020	0.010	0.001
Scorpaeniformes	0.040	0.007	–	–
Syngnathiformes	–	–	0.005	0.000
Tetraodontiformes	0.030	0.006	–	–
Actinopterygii n.i.	0.257	0.063	0.063	0.005

generally higher in November, despite the large value of the vacuity index observed (table 1). On the other hand, higher values of the taxonomic diversity ( $\Delta$ ) and distinctness ( $\Delta^+$ ) indices were found in April, indicating that a wider taxonomic range of prey was ingested in this period (table 1).

The cluster analysis performed for the number of prey items consumed by individuals of each predefined size class (30 mm) evidenced five major groups (fig. 3): TL < 200 mm,  $200 \leq$  TL < 230 mm,  $230 \leq$  TL < 260 mm,  $260 \leq$  TL < 290 mm, and  $290 \leq$  TL < 320 mm. As few individuals were <200 mm TL, the first two groups (<200 mm and  $200 \leq$  TL < 230 mm) were pooled, resulting in the definition of four size classes. Ontogenetic changes in diet were mostly related to the number of taxa consumed (S), which was twice as much in size classes II and III (table 3). Differences between size classes regarding the other indices were not so remarkable, although classes II or III usually presented the highest values. Exceptions were the highest value of evenness registered in size class IV in November and class I in April, and the high value of taxonomic distinctness observed in class IV in April (table 3).

Differences in the diet of each size class were also revealed by the relative importance of each prey item (fig. 4). Although Brachyura was the most frequent prey item in all classes, differences between November and April were found for two size classes concerning the second most consumed item: in November individuals <230 mm TL (class I) also consumed Polychaeta and individuals  $\geq$ 290 mm TL (class IV) also preyed on Stomatopoda, but in April class I individuals preferred Caridae and class IV individuals preferred Foraminifera (fig. 4a). Considering %Ni, size class IV individuals fed on larger amounts of Caridae in November and of Foraminifera in April (fig. 4b).

Diet preferences according to sampling date, sex, size class, and maturation stage were revealed by the correspondence analysis performed using the %Fi and %Ni indices. Analysis of %Fi data showed some seasonal differentiation (fig. 5), with most samples collected in November appearing in the top half

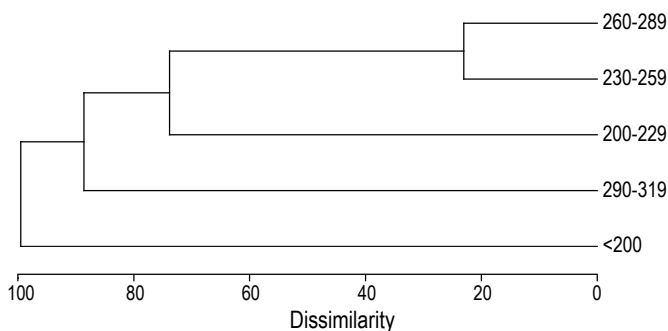


Figure 3. Dendrogram resulting from the cluster analysis performed on stomach content data of *Syacium micrurum* grouped into length classes (mm).

Figura 3. Dendrograma obtenido con el análisis de conglomerados usando los datos del contenido estomacal de individuos de *Syacium micrurum* agrupados en clases de talla (mm).

frecuencia de ocurrencia (%Fi) y porcentaje de número (%Ni) en ambas fechas de muestreo (tabla 2); sin embargo, los foraminíferos también fueron una presa importante en abril, cuando presentaron el mayor valor de %Ni. Aunque el número de taxones consumidos (S), así como la diversidad ( $H'$ ) y la equitatividad ( $J'$ ) de la dieta, fueron similares en ambos meses, los valores de estos índices fueron generalmente mayores en noviembre, a pesar del alto valor observado para el índice de vacuidad (tabla 1). Por otro lado, en abril se obtuvieron valores mayores para los índices de diversidad taxonómica ( $\Delta$ ) y distinción taxonómica ( $\Delta^+$ ), lo que indica que durante este periodo hubo una ingestión de un mayor intervalo taxonómico de presas (tabla 1).

El análisis de conglomerados realizado para el número de presas consumidas por individuos de cada clase de talla predefinida (30 mm) evidenció cinco grupos principales (fig. 3): LT < 200 mm,  $200 \leq$  LT < 230 mm,  $230 \leq$  LT < 260 mm,  $260 \leq$  LT < 290 mm y  $290 \leq$  LT < 320 mm. Dado que pocos individuos fueron <200 mm LT, se juntaron los primeros dos grupos (<200 mm y  $200 \leq$  TL < 230 mm), quedando definidas cuatro clases de talla. Los cambios ontogenéticos en la dieta en general estuvieron relacionados con el número de taxones consumidos (S), que fue el doble en las clases II y III (tabla 3). Las diferencias entre las clases de talla en cuanto a los otros índices no fueron tan notables, aunque las clases II ó III normalmente presentaron los valores más altos. Las excepciones fueron el mayor valor de equitatividad de la clase IV en noviembre y de la clase I en abril, y el alto valor de distinción taxonómica observado para la clase IV en abril (tabla 3).

La importancia relativa de cada presa también mostró diferencias en la dieta de cada clase de talla (fig. 4). Aunque los braquiuros fueron las presas más frecuentes en todas las clases de talla, se observaron diferencias entre noviembre y abril para dos clases en cuanto a la segunda presa más consumida: en noviembre, individuos <230 mm LT (clase I) también consumieron poliquetos, e individuos  $\geq$ 290 mm LT (clase IV) también consumieron estomatópodos, pero en abril los individuos de clase I preferentemente consumieron carideos y los de clase IV, foraminíferos (fig. 4a). Considerando el %Ni, los individuos de clase IV consumieron mayores cantidades de carideos en noviembre y de foraminíferos en abril (fig. 4b).

El análisis de correspondencia realizado con los índices de %Fi y %Ni reveló preferencias alimenticias según la fecha de muestreo, sexo, clase de talla y estado de maduración. El análisis de los datos de %Fi mostró alguna diferenciación estacional (fig. 5), en la que la mayoría de las muestras recolectadas en noviembre apareció en la mitad superior del diagrama. Esta diferenciación se asoció con el consumo de peces (Actinoptergii n.i., Tetraodontiformes, Scorpaeniformes, Pleuronectiformes), octópodos y gasterópodos, ya que los individuos recolectados en abril presentaron una dieta que consistía principalmente de crustáceos (Amphipoda, Brachyura, Caridae), poliquetos y cnidarios. A pesar de que el análisis de los datos de %Ni no proporcionó una buena separación de las muestras (datos no mostrados), las hembras maduras de clase

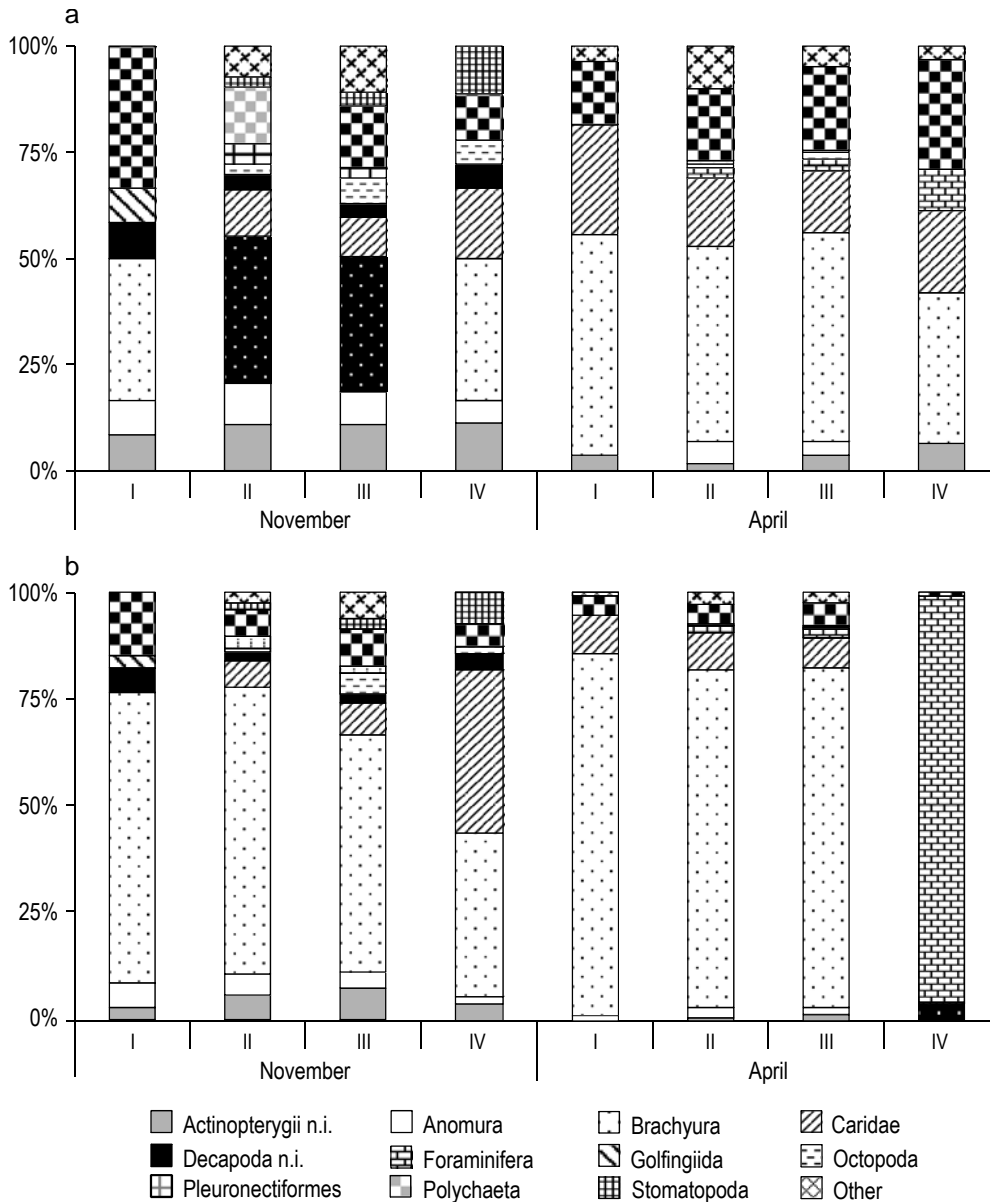


Figure 4. Relative importance of the main food items (representing at least 10% of the total prey ingested) in the diet of *Syacium micrurum* according to total length class, based on their frequency (a) or numerical (b) occurrence indices. Names of the prey items representing at least 10% of the prey ingested by one of the classes are displayed, whereas the remaining are grouped under the category "Other".

Figura 4. Importancia relativa de los principales componentes alimenticios (que representan al menos 10% del total de presas ingeridas) en la dieta de *Syacium micrurum* de acuerdo con la clase de longitud total, con base en sus índices de frecuencia de ocurrencia (a) y numérica (b). Se presentan los nombres de las presas que representaron por lo menos 10% de las presas ingeridas, mientras que las demás se agruparon en una categoría denominada "Otros".

of the diagram. This differentiation was associated with the consumption of fish (Actinopterygii n.i., Tetraodontiformes, Scorpaeniformes, Pleuronectiformes), Octopoda, and Gastropoda, since individuals collected in April presented a diet consisting mainly of Crustacea (Amphipoda, Brachyura, Caridae), Polychaeta, and Cnidaria. Although analysis using %Ni data failed to reveal a good separation of samples (data not shown), mature females belonging to size class IV sampled in November ingested more Actinopterygii, whereas those sampled in April preferred to feed on Foraminifera. Actinopterygii were

IV muestreadas en noviembre ingirieron un mayor número de actinopterigios, mientras que las muestreadas en abril consumieron más foraminíferos. Los actinopterigios también fueron la presa más importante en los estómagos de machos maduros en desove <230 mm muestreados en abril, mientras que machos maduros >290 mm muestreados en noviembre consumieron mayores proporciones de decápodos y estomatópodos. El análisis de conglomerados realizado con los datos de %Ni también diferenció las hembras maduras de clase IV de las otras muestras (fig. 6), corroborando los resultados del



Table 3. Richness (S), Shannon-Weaver's diversity (H'), Pielou's evenness (J'), taxonomic diversity ( $\Delta$ ), and taxonomic distinctness ( $\Delta^+$ ) of the diet of each size class of *Syacium micrurum*, and the vacuity index (V) indicated as a percentage, for each sampling date.Tabla 3. Riqueza (S), diversidad de Shannon-Weaver (H'), equitatividad de Pielou (J'), diversidad taxonómica ( $\Delta$ ) y distinción taxonómica ( $\Delta^+$ ) de la dieta de cada clase de talla de *Syacium micrurum*, y su índice de vacuidad (V) dado como porcentaje, para cada fecha de muestreo.

Season	Size class	S	H'	J'	$\Delta$	$\Delta^+$	V (%)
November	I	6	1.087	0.607	26.29	49.82	50.00
	II	13	1.339	0.522	25.55	47.55	41.27
	III	15	1.712	0.632	34.42	51.26	45.05
	IV	8	1.471	0.708	26.26	37.00	27.27
April	I	5	0.578	0.359	10.86	39.81	26.32
	II	14	0.887	0.336	16.25	44.85	8.57
	III	12	0.880	0.354	18.03	49.97	9.30
	IV	6	0.242	0.135	8.33	86.82	27.78

also the most important prey in the stomachs of mature spawning males <230 mm sampled in April, whereas mature males >290 mm sampled in November fed on higher proportions of Decapoda and Stomatopoda. Cluster analysis performed using the %Ni data also differentiated size class IV mature females from all other samples (fig. 6), corroborating the correspondence analysis results, and evidenced two major clusters: one mainly comprising mature males and females from different size classes sampled in November and another mostly composed of individuals sampled in April, generally grouped according to their size class.

## Discussion

Results of the present study revealed that the diet of *S. micrurum* in Cape Verde consists of 20 different prey groups, with Brachyura, Caridae, and Polychaeta generally accounting for more than 70% of what is ingested. It can, therefore, be considered a "polychaete and small crustacean" feeder, based on Link *et al.*'s (2005) classification. For the Paralichthyidae that feed mainly on Crustacea, Amphipoda are generally the most common prey (Lurdon-Branco and Branco 2003, Link *et al.* 2005, and references therein), although Actinopterygii and Mysidacea were reported as the most important for summer flounder, *Paralichthys dentatus* (Linnaeus 1766), and southern flounder, *P. lethostigma* Jordan and Gilbert 1884, in North Carolina (Gilbert 1986). These findings suggest a differentiation of the diet of *S. micrurum* in relation to other members of its family, but Paralichthyidae are generalist feeders (Link *et al.* 2005) and most studies concerning their diet have been conducted in the western Atlantic whereas the present study was performed in the eastern Atlantic. Therefore, more studies are needed to remove the effect that habitat differences might have when comparing Paralichthyidae diets.

The correspondence and cluster analyses performed revealed differences in the feeding ecology of *S. micrurum* according to fish size and maturation and to sampling date. Whereas small individuals (size class I) mainly consumed small Crustacea and Polychaeta, medium-size and large

análisis de correspondencia, y reveló dos grupos importantes: uno que incluía principalmente machos y hembras maduras de diferentes clases de talla muestreadas en noviembre y otro que incluía principalmente individuos muestreados en abril, generalmente agrupados según su clase de talla.

## Discusión

Este estudio mostró que la dieta de *S. micrurum* en Cabo Verde consiste de 20 grupos de presas diferentes, y que los braquiuros, carideos y poliquetos generalmente constituyen 70% de lo ingerido. Por tanto, el lenguado anillado podría considerarse un consumidor de poliquetos y crustáceos pequeños, con base en la clasificación de Link *et al.* (2005). Para los peces de la familia Paralichthyidae que se alimentan principalmente de crustáceos, los anfípodos tienden a ser la presa más común (Lurdon-Branco y Branco 2003, Link *et al.* 2005, y referencias citadas ahí), aunque se ha informado que actinopterygios y misidáceos son importantes para las platijas *Paralichthys dentatus* (Linnaeus 1766) y *P. lethostigma* Jordan y Gilbert 1884 en Carolina del Norte (Gilbert 1986). Estos resultados sugieren una diferenciación de la dieta de *S. micrurum* en relación con otros miembros de su familia; sin embargo, como los Paralichthyidae son alimentadores generalistas (Link *et al.* 2005) y la mayoría de los trabajos sobre sus dietas se han realizado en el Atlántico occidental, mientras que este trabajo se llevó a cabo en el Atlántico oriental, se requieren más estudios para eliminar el efecto que podrían tener las diferencias de hábitat al comparar las dietas de tales peces.

Los análisis de correspondencia y conglomerados realizados mostraron diferencias en la ecología alimenticia de *S. micrurum* de acuerdo con el tamaño y estado de maduración de los peces, y con la fecha de muestreo. Los individuos de talla pequeña (clase I) consumieron crustáceos y poliquetos pequeños, pero los de tallas mediana y grande presentaron una dieta más diversa, incluyendo actinopterygios, octópodos y crustáceos más grandes, como decápodos y anomuros. Se han encontrado relaciones similares para peces planos en general

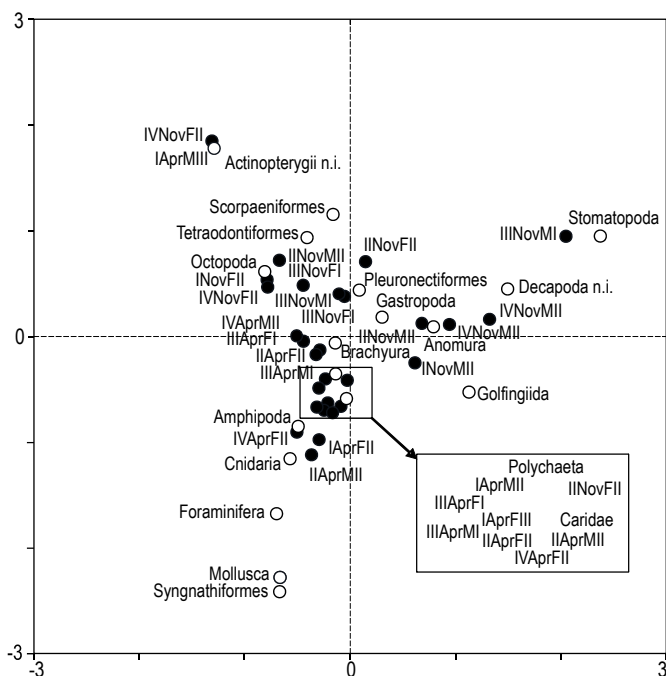


Figure 5. Correspondence analysis of main prey items in the diet of *Syacium micrurum* using %Fi index (○) and samples (●). Samples are defined by size class (I, II, III, or IV), followed by sampling date (Apr, April; Nov, November), sex (F, female; M, male), and maturation stage (II, developing; III, spawning), in this order. Due to space constraints, samples and prey items clumped in the diagram are displayed inside the box.

Figura 5. Análisis de correspondencia de las principales presas en la dieta de *Syacium micrurum* usando el índice de %Fi (○) y muestras (●). Las muestras están definidas por clase de talla (I, II, III ó IV), fecha de muestreo (Apr, abril; Nov, noviembre), sexo (F, hembra; M, macho) y estado de maduración (II, en desarrollo; III, en desove), en este orden. Por motivos de espacio, las muestras y las presas muy juntas en el diagrama se muestran dentro del cuadro.

individuals presented a more diverse diet, including Actinopterygii, Octopoda, and larger Crustacea, such as Decapoda and Anomura. Similar relationships have been reported for flatfishes in general (Link *et al.* 2002, 2005) and for other species of Paralichthyidae in the Atlantic (e.g., Lurdon-Branco and Branco 2003, Norbis and Galli 2004, Latour *et al.* 2008). However, these ontogenetic differences were not as pronounced as the differences found between sampling dates, also supported by a higher number of different taxa consumed in November, despite the particularly high vacuity index (>42%) found in this month. Similar to that described for other species of Paralichthyidae inhabiting the Atlantic (Gilbert 1986, Lurdon-Branco and Branco 2003, Bornatowski *et al.* 2004, Latour *et al.* 2008), the diet of *S. micrurum* seems to depend more on prey abundance and occurrence than on specific prey selection. Although there are no detailed studies about the marine faunal assemblage of Cape Verde, it has been suggested to have a significant level of endemism and that some species are highly genetically differentiated from those occurring in other regions of Macaronesia, like the Canaries, Madeira, and Azores (Quinteiro *et al.* 2007, Van den Broek *et al.* 2008). As Cape

(Link *et al.* 2002, 2005) y para otras especies de la familia Paralichthyidae en el Atlántico (e.g., Lurdon-Branco y Branco 2003, Norbis y Galli 2004, Latour *et al.* 2008). Sin embargo, estas diferencias ontogenéticas no son tan pronunciadas como las diferencias encontradas entre las fechas de muestreo, lo cual fue sustentado por el mayor número de diferentes taxones consumidos en noviembre, a pesar del particularmente alto índice de vacuidad (>42%) registrado para tal mes. De forma similar a lo descrito para otras especies de la familia Paralichthyidae que habitan en el Atlántico (Gilbert 1986, Lurdon-Branco y Branco 2003, Bornatowski *et al.* 2004, Latour *et al.* 2008), la dieta de *S. micrurum* parece depender más de la abundancia y ocurrencia de las presas que de la selección específica de éstas. Aunque no existen estudios detallados sobre la fauna marina de Cabo Verde, se ha sugerido que ésta tiene un nivel significativo de endemismo y que algunas especies son genéticamente muy diferentes de las que se encuentran en otras regiones de la Macaronesia, como las islas Canarias, Azores y Madeira (Quinteiro *et al.* 2007, Van den Broek *et al.* 2008). Dado que Cabo Verde se localiza en la frontera entre la provincia de Lusitania (Atlántico subtropical nororiental) y la subregión tropical de África occidental (Monteiro *et al.* 2008), y está sujeto a patrones estacionales de los sistemas CCNE y CC, es de esperarse que ocurran cambios en la composición y abundancia de los grupos faunísticos, y tales cambios podrían explicar las diferencias encontradas en la dieta de *S. micrurum* entre noviembre y abril. De hecho, los valores más altos de los índices de diversidad encontrados para cada clase de talla en noviembre, ya sea en términos de taxones totales (S y H') o del intervalo taxonómico de esos taxones ( $\Delta$  y  $\Delta^+$ ), debido principalmente a la presencia de varios peces pelágicos (Gadiformes, Perciformes, Scorpaeniformes, Tetraodontiformes), podrían estar relacionados con la distinta influencia que ejercen la CCNE y la CC en la zona: en noviembre la CCNE domina los patrones de circulación en el área, pero en abril el flujo frío de norte a sur de la CC tiene un efecto más pronunciado, probablemente ocasionando un descenso en la temperatura del agua que no permite la presencia de algunos taxones.

El alto índice de vacuidad encontrado en noviembre contrastó con los valores generalmente bajos registrados para algunas especies de peces planos en el Atlántico oriental y el Mediterráneo (e.g., Belghyti *et al.* 1993, Cabral *et al.* 2002), pero fue ligeramente menor que el valor (46%) registrado para *Etropus crossotus* Jordan y Gilbert 1882 en aguas brasileñas (Lurdon-Branco y Branco 2003). Aunque se ha sugerido que algunos peces planos dejan de alimentarse durante su periodo de desove (Rijnsdorp y Witthames 2005), lo que podría explicar los altos índices de vacuidad encontrados, aparentemente *S. micrurum* empieza a desovar en mayo o junio ya que la mayoría de los individuos muestreados en abril se encontraban en etapa III de maduración y los valores del GSI registrados para las hembras mostraron un incremento de noviembre a abril. Esta temporada reproductiva coincide con la observada en otras especies de *Syacium*, como *S. ovale* (Günther 1864)

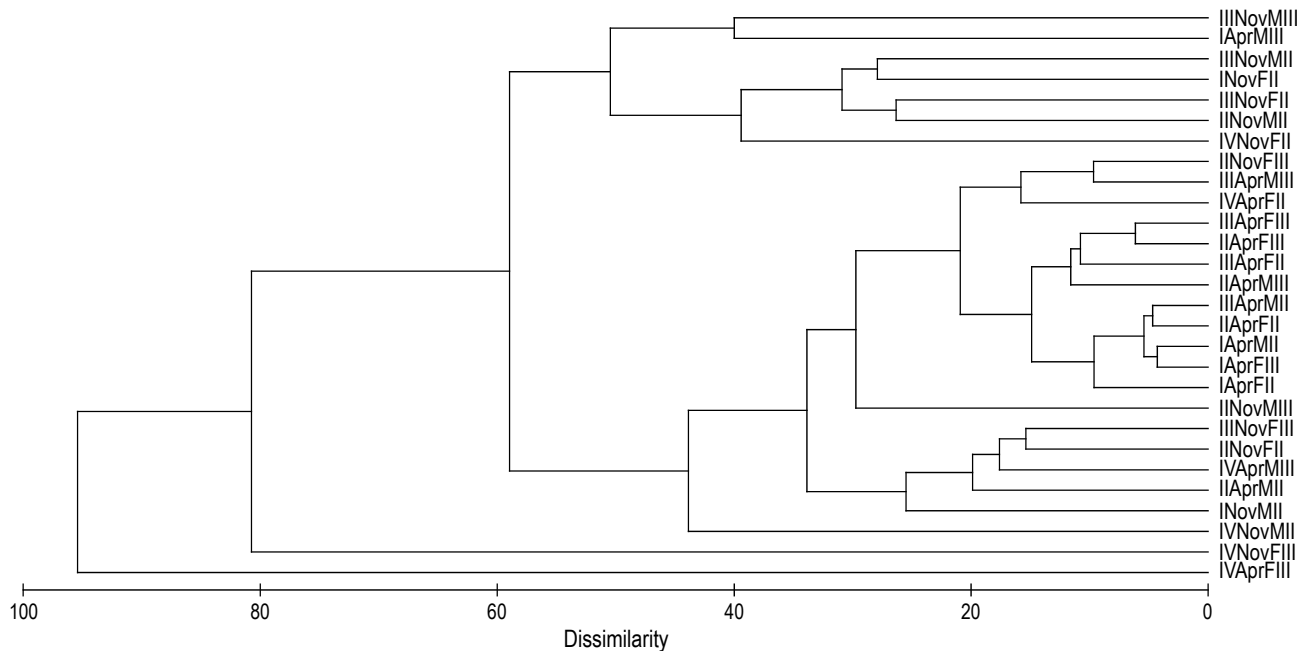


Figure 6. Cluster analysis of main prey items in the diet of *Syacium micrurum* using %Ni data. Samples are defined by size class (I, II, III, or IV), followed by sampling date (Apr, April; Nov, November), sex (F, female; M, male), and maturation stage (II, developing; III, spawning), in this order.

Figura 6. Análisis de agrupamiento de las principales presas en la dieta de *Syacium micrurum* usando los datos de %Ni. Las muestras están definidas por clase de talla (I, II, III ó IV), fecha de muestreo (Apr, abril; Nov, noviembre), sexo (F, hembra; M, macho) y estado de maduración (II, en desarrollo; III, en desove), en este orden.

Verde is located in the border between the Lusitanian province (northeast subtropical Atlantic) and the tropical West African subregion (Monteiro *et al.* 2008), and subjected to the seasonal patterns of the NECC and CC systems, changes in the composition and abundance of the faunal assemblages are likely to occur and the differences found in the diet of *S. micrurum* between November and April might be explained by these changes. In fact, the higher values of the diversity indices found for each size class in November, either in terms of total taxa ( $S$  and  $H'$ ) or of the taxonomic range of those taxa ( $\Delta$  and  $\Delta^+$ ), mostly due to the presence of several pelagic fish (Gadiformes, Perciformes, Scorpaeniformes, Tetraodontiformes), might be related to the different influence of NECC and CC in the area: whereas in November the NECC dominates the circulation patterns in the area, the cool north-to-south CC flow has a more pronounced effect in April, probably leading to a decrease in seawater temperature not compatible with the existence of some taxa.

The high vacuity index found in November contrasted with the generally low vacuity values found for some flatfish species in the eastern Atlantic and Mediterranean (e.g., Belghyti *et al.* 1993, Cabral *et al.* 2002), but was slightly lower than the 46% registered for the Paralichthyidae *Etropus crossotus* Jordan and Gilbert 1882 in Brazilian waters (Lurdon-Branco and Branco 2003). Although it has been suggested that some flatfishes cease feeding during the spawning period (Rijnsdorp and Witthames 2005), which could explain the high vacuity indices found, *S. micrurum* appears to start spawning in May or June as the majority of individuals sampled in April were

del Golfo de California (Aceves-Medina *et al.* 2003) y *S. gunteri* Ginsburg 1933 del Golfo de México (García-Abad *et al.* 1992, Sánchez-Iturbe *et al.* 2006), y para *Paralichthys orbignyanus* (Valenciennes 1839), que desova cuando las temperaturas del agua descienden hasta alrededor de 20°C (López-Cazorla 2005, Radonic *et al.* 2007). Por tanto, el alto valor del índice de vacuidad no está relacionado con la reproducción y es probablemente un reflejo de otro factor fisiológico interno.

El ordenamiento y las regulaciones de pesquerías aún se encuentran en vías de desarrollo en África occidental, pero recientemente se ha sugerido que las poblaciones de peces de las diferentes islas de Cabo Verde deberían de considerarse como unidades discretas de manejo (Medina *et al.* 2007). Aunque la pesca puede alterar las relaciones tróficas al tener un impacto fuerte sobre las comunidades bénticas (Rijnsdorp y Vingerhoed 2001, Link *et al.* 2002), no ha sido hasta recientemente que se han aplicado enfoques ecosistémicos al manejo pesquero que incluyan información sobre la dinámica trófica de los peces. De esta forma, el presente estudio contribuye al conocimiento de la ecología de una importante especie comercial en Cabo Verde, y debería de integrarse con evaluaciones de la abundancia de presas y predadores para lograr un manejo más efectivo de estos importantes recursos marinos.

### Agradecimientos

Este trabajo fue parcialmente financiado por la Fundación para la Ciencia y la Tecnología (FCT) de Portugal, a través de fondos otorgados a JF Marques (SFRH/BD/8983/2002) y CM Teixeira (SFRH/BD/19319/2004), y por el Instituto Piaget. Los

already in stage III of their maturation and the GSI values observed for females showed an increase from November to April. This reproductive season is also in agreement with that found for other species of *Syacium*, namely *S. ovale* (Günther 1864) from the Gulf of California (Aceves-Medina *et al.* 2003) and *S. gunteri* Ginsburg 1933 from the Gulf of Mexico (García-Abad *et al.* 1992, Sánchez-Iturbe *et al.* 2006), and for *Paralichthys orbignyanus* (Valenciennes 1839), which spawns when water temperatures decrease to about 20°C (López-Cazorla 2005, Radonic *et al.* 2007). Thus, the large vacuity index value is not related to reproduction and is probably the reflection of another internal physiological factor.

Fisheries stock assessment and regulations are still being developed in West Africa but it was recently suggested that fish populations from different Cape Verde islands should be considered as discrete management units (Medina *et al.* 2007). Although fishing can alter trophic relationships by having a high impact on benthic communities (Rijnsdorp and Vingerhoed 2001, Link *et al.* 2002), only recently have ecosystem-based approaches to fisheries management that include information on the trophic dynamics of fishes been applied. The present study thus contributes to the knowledge of the ecology of a commercially important species in Cape Verde, and should be integrated with evaluations of the abundance of prey and predators in order to achieve a more effective management of the marine resources.

## Acknowledgements

This study was partially financed by the Portuguese Foundation for Science and Technology (FCT), through grants awarded to JF Marques (SFRH/BD/8983/2002) and CM Teixeira (SFRH/BD/19319/2004), and by Instituto Piaget. The authors thank INDP and ISECMAR (Cape Verde) for their help and valuable information, and the editor and two anonymous referees for their comments and corrections that helped to improve the manuscript.

## References

- Aceves-Medina G, Saldierna-Martínez RJ, González EA. 2003. Distribution and abundance of *Syacium ovale* larvae (Pleuronectiformes: Paralichthyidae) in the Gulf of California. *Rev. Biol. Trop.* 51: 561–570.
- Belghyti D, Aguesse P, Gabrion C. 1993. Éthologie Alimentaire de *Citharus linguatula* et *Dicologlossa cuneata* sur les côtes atlantiques du Maroc. *Vie Milieu* 43: 95–108.
- Bernardi G, Bucciarelli G, Costagliola D, Robertson DR, Heiser JB. 2004. Evolution of coral reef fish *Thalassoma* spp. (Labridae). 1. Molecular phylogeny and biogeography. *Mar. Biol.* 144: 369–375.
- Bornatowski H, Abilhoa V, Brogim RA. 2004. The feeding of the flatfish *Etropus crossotus* (Pleuronectiformes, Paralichthyidae) on a sandy-mud tidal flat in the Ilha do Mel, Parana State, Brazil. *Rev. Est. Biol.* 26: 11–15.
- Cabral HN. 1998. Utilização do estuário do Tejo como área de viveiro pelos linguados, *Solea solea* (L., 1758) e *Solea senegalensis* Kaup, 1858, e robalo, *Dicentrarchus labrax* (L., 1758). Ph.D. thesis, University of Lisbon.
- autores agradecen a INDP y ISECMAR (Cabo Verde) su ayuda e información valiosa, así como al editor y dos revisores anónimos sus comentarios y correcciones que ayudaron a mejorar el manuscrito.
- Traducido al español por Christine Harris.
- Cabral HN, Lopes M, Loeper R. 2002. Trophic niche overlap between flatfishes in a nursery area on the Portuguese coast. *Sci. Mar.* 66: 293–300.
- Clarke KR, Warwick RM. 1998. A taxonomic distinctness index and its statistical properties. *J. Appl. Ecol.* 35: 523–531.
- Clarke KR, Warwick RM. 1999. The taxonomic distinctness measure of biodiversity: Weighting of step lengths between hierarchical levels. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 184: 21–29.
- Coronado MA, Amezcua F. 1988. Distribución y abundancia de los peces demersales de la costa de Guerrero en el Pacífico de México. *An. Inst. Cienc. Mar. Limnol. Univ. Natl. Autón. México* 15: 67–94.
- Díaz de Astarloa JM. 2002. A review of the flatfish fisheries of the south Atlantic Ocean. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 37: 113–125.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2007. The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA) 2006. FAO Fisheries and Aquaculture Department, Rome, Italy.
- Froese R, Pauly D (eds.). 2008. FishBase. World Wide Web electronic publication, www.fishbase.org, version 07/2008.
- García-Abad MC, Yáñez-Arancibia A, Sánchez-Gil P, Tapia-García M. 1992. Distribución, reproducción y alimentación de *Syacium gunteri* Ginsburg (Pices: Bothidae) en el Golfo de México. *Rev. Biol. Trop.* 39: 27–34.
- Gilbert CR. 1986. Species profiles. Life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (South Florida): southern, gulf and summer flounders. *Biol. Rep.* 82 (11.54), US Fish and Wildlife Service, 27 pp.
- Hyslop EJ. 1980. Stomach contents analysis: A review of methods and their application. *J. Fish Biol.* 17: 415–429.
- Jaworski A, Ragnarsson SA. 2006. Feeding habits of demersal fish in Icelandic waters: A multivariate approach. *ICES J. Mar. Sci.* 63: 1682–1694.
- Latour RJ, Gartland J, Bonzek CF, Johnson RA. 2008. The trophic dynamics of summer flounder (*Paralichthys dentatus*) in Chesapeake Bay. *Fish. Bull.* 106: 47–57.
- Laurans M, Gascuel D, Chassot E, Thiam D. 2004. Changes in the trophic structure of fish demersal communities in West Africa in the last three decades. *Aquat. Living Resour.* 17: 163–173.
- Lázaro C, Fernandes MJ, Santos AMP, Oliveira P. 2005. Seasonal and interannual variability of surface circulation in the Cape Verde region from 8 years of merged T/P and ERS-2 altimeter data. *Remote Sens. Environ.* 98: 45–62.
- Link JS, Bolles K, Milliken CG. 2002. The feeding ecology of flatfish in the Northwest Atlantic. *J. Northwest Atl. Fish. Sci.* 30: 1–17.
- Link JS, Fogarty MJ, Langton RW. 2005. The trophic ecology of flatfishes. In: Gibson RN (ed.), *Flatfishes Biology and Exploitation*. Fish and Aquatic Resources Series, Blackwell Publ., Oxford, pp. 185–212.
- López-Cazorla A. 2005. On the age and growth of flounder *Paralichthys orbignyanus* (Jenyns 1842) in Bahía Blanca Estuary, Argentina. *Hidrobiologia* 537: 81–87.
- Lurdon-Branco MJ, Branco JO. 2003. Natural feeding of *Etropus crossotus* Jordan & Gilbert, 1882 in the Armação do Itapocoroy, Santa Catarina, Brazil. *Rev. Bras. Zool.* 20: 631–635.
- Medina A, Brêthes JC, Sévigny JM, Zakardjian B. 2007. How geographic distance and depth drive ecological variability and

- isolation of demersal fish communities in an archipelago system (Cape Verde, eastern Atlantic Ocean). *Mar. Ecol.* 28: 404–417.
- Monteiro P, Ribeiro D, Silva JA, Bispo J, Gonçalves JM. 2008. Ichthyofauna assemblages from two unexplored Atlantic seamounts: Northwest Bank and João Valente Bank (Cape Verde Archipelago). *Sci. Mar.* 72: 133–143.
- Munroe TA. 2005. Systematic diversity of the Pleuronectiformes. In: Gibson RN (ed.), *Flatfishes Biology and Exploitation*. Fish and Aquatic Resources Series, Blackwell Publ., Oxford, pp. 10–41.
- Norbis W, Galli O. 2004. Feeding habits of the flounder *Paralichthys orbignyanus* (Valenciennes, 1842) in a shallow coastal lagoon of the southern Atlantic Ocean: Rocha, Uruguay. *Cienc. Mar.* 30: 619–626.
- Pérez-Rodríguez P, Pelegrí JL, Marrero-Díaz A. 2001. Dynamical characteristics of the Cape Verde frontal zone. *Sci. Mar.* 65 (Suppl. 1): 241–250.
- Plavan A, Sellanes J, Rodríguez L, Burone L. 2007. Feeding ecology of *Urophycis brasiliensis* on the Uruguayan coast of the Río de la Plata estuary. *J. Appl. Ichthyol.* 23: 231–239.
- Quinteiro J, Rodríguez-Castro J, Rey-Méndez M. 2007. Population genetic structure of the stalked barnacle *Pollicipes pollicipes* (Gmelin 1789) in the northeastern Atlantic: Influence of coastal currents and mesoscale hydrographic structures. *Mar. Biol.* 153: 47–60.
- Radonic M, Müller MI, López AV, Bambill GA, Spinedi M, Boccanfuso JJ. 2007. Improvement in flounder *Paralichthys orbignyanus* controlled spawning in Argentina. *Cienc. Mar.* 33: 187–196.
- Rijnsdorp AD, Vingerhoed B. 2001. Feeding of plaice *Pleuronectes platessa* L and sole *Solea solea* (L) in relation to the effects of bottom trawling. *J. Sea Res.* 45: 219–229.
- Rijnsdorp AD, Witthames PR. 2005. Ecology of reproduction. In: Gibson RN (ed.), *Flatfishes: Biology and Exploitation*. Fish and Aquatic Resources Series 9, Blackwell Publ., Oxford, pp. 68–93.
- Rocha LA, Robertson DR, Rocha CR, Van Tassell JL, Craig MT, Bowen BW. 2005. Recent invasion of the tropical Atlantic by an Indo-Pacific coral reef fish. *Mol. Ecol.* 14: 3921–3928.
- Sánchez-Iturbe A, Flores-Coto C, Zavala-García F. 2006. Seasonal variation in growth and mortality of larval *Syacium gunteri* (Pisces: Paralichthyidae) in the southern Gulf of Mexico (1992 and 1993). *Cienc. Mar.* 32: 83–95.
- Sidibé A, Domain F, Gascuel D. 2004. Evaluation et diagnostic par l'approche globale et structurale de quatre stocks de poissons démersaux côtiers de Guinée *Galeoides decadactylus*, *Pseudotolithus elongatus*, *P. senegalensis* et *P. typus*. In: Chavance P, Bah M, Gascuel D, Vakily M, Pauly D (eds.), *Pêcheries Maritimes, Écosystèmes et Sociétés en Afrique de l'Ouest: Un demi-siècle de changements*. Dakar, Senegal, June 2002.
- Sims DW. 2003. Tractable models for testing theories about natural strategies: Foraging behaviour and habitat selection of free-ranging sharks. *J. Fish Biol.* 63 (Suppl. A): 53–73.
- ter Braak CJF, Smilauer P. 2002. *Canoco for Windows*. Version 4.5. Biometrics, Plant Research International, Wageningen.
- Van den Broeck H, Breugelmans K, De Wolf H, Backeljau T. 2008. Completely disjunct mitochondrial DNA haplotype distribution without a phylogeographic break in a planktonic developing gastropod. *Mar. Biol.* 153: 421–429.
- Warwick RM, Clarke KR. 2001. Practical measures of marine biodiversity based on relatedness of species. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 39: 207–231.

*Recibido en septiembre de 2008;  
aceptado en enero de 2009.*