

Phytoplankton distribution across the Atlantic Ocean and the neutral theory of biodiversity

Guillem Chust^a, Xabier Irigoien^b, Jerome Chave^c, Roger P. Harris^d

Recent analysis of diatom diversity suggested that global diatom distribution is not limited by dispersal both for extant species and in the fossil record, but rather that environmental filtering explains their spatial patterns of distribution. Hubbell's neutral theory of biodiversity (Hubbell, 2001) has generated a great deal of attention because it provides an integrative framework in which to test these alternatives. Initially, tests and applications of the neutral theory of biodiversity and biogeography have been restricted to tropical forests, but since then they have also been applied in marine ecology, and scarcely tested on planktonic species assemblages (but see, for instance, Irigoien et al. 2011). Our aim is to test whether the structure of marine phytoplankton (diatoms, dinoflagellates, and coccolithophores) assemblages across the Atlantic Ocean (from 50° North to 50° South) agrees with neutral theory predictions, using datasets from the Atlantic Meridional Transects (AMT, see <http://www.amt-uk.org/>). We asked: 1) whether inter-site variance in phytoplankton diversity (β -diversity) is explained predominantly by dispersal limitation or by environmental conditions; and 2) whether empirical species abundance distributions are consistent with those expected by the neutral model.

To address our objectives, the relative contribution of environmental factors and geographic distance to phytoplankton composition was estimated using similarity matrices, Mantel tests and variation partitioning of the species composition across sites based upon canonical ordination methods. The empirical species abundance distribution of phytoplankton was compared with Hubbell's neutral model using the Etienne's maximum-likelihood inference method.

Our findings indicate that phytoplankton communities of diatoms, dinoflagellates and coccolithophores across the Atlantic Ocean are more determined by niche segregation (24%) than by dispersal limitation (17%). This suggests that phytoplankton groups, a priori subjected to similar oceanographic conditions and passive dispersal, have adaptive strategies and life cycle traits different enough to respond specifically to the environment. However, there

is also evidence that dispersal limitation and ecological drift has a role in to some extent structuring phytoplankton communities. Especially in tropical zones, where oceanic gyres enclose large stable water masses, most communities appear neutral with low species immigration rates; in contrast, communities in temperate areas, out of the oligotrophic gyres, show higher rates of species immigration and neutrality can not be confirmed nor refuted. Our findings suggest that niche assembly is the key factor to explain phytoplankton community structure, although a non negligible role of dispersal limitation is acting along latitudes. Neutrality in phytoplankton is still open to debate.

References

- Hubbell, S.P. (2001) A unified neutral theory of biodiversity and biogeography. Princeton University Press, Princeton, NJ.
 Irigoien, X., G. Chust, J. A. Fernandes, A. Albaina, & L. Zarauz (2011) Factors determining mesozooplankton species distribution and community structure in shelf and coastal waters. *Journal of Plankton Research*, 33, 1182-1192.

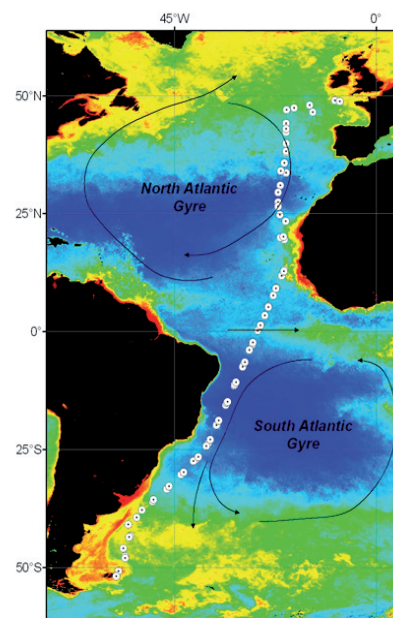


Figure 1. Oceanographic sampling stations (white circles) corresponding to AMT1 (1995), AMT2 (1996), and AMT3 (1996) overlain on a satellite image of ocean colour (blue, green, yellow and red represent increasing values of sea surface chlorophyll-a concentration; mean annual of 2010, MODIS sensor). Arrows indicate the main Atlantic oceanographic gyres.

^a AZTI-Tecnalia, Marine Research Division. Herrera kaia portualdea z/g 20110 Pasaia, Spain (e-mail: gchust@azti.es)

^b King Abdullah University for Science and Technology, Saudi Arabia

^c Evolution et Diversité Biologique, CNRS/UPS, Bâtiment 4R3, 118 route de Narbonne, 31062 Toulouse, France

^d Plymouth Marine Laboratory Prospect Place, West Hoe Plymouth PL 1 3DH, United Kingdom

Zooxanthellae importance in the development of the pelagic phase of the blooming jellyfish *Cotylorhiza tuberculata* (Scyphozoa: Rhizostomeae)

Diana Astorga^a, Javier Ruiz^a, Laura Prieto^a

Cotylorhiza tuberculata is a common symbiotic rhizostome scyphozoan from the Mediterranean Sea. Special attention has been accorded to this species recently given the extremely high medusa abundances it has reached in the Mar Menor coastal lagoon (Pérez-Ruzafa et al., 2002) and the unique conditions that enabled to establish causal relationships between blooms and environmental variables (Prieto et al., 2010; Astorga et al., 2012; Ruiz et al., 2012). In the context of an apparent global increment in number of scyphozoan blooms (Purcell, 2012; Condon et al., 2012), the study of fundamental aspects of the ecology and physiology of scyphozoans represents a research challenge.

This study pretends to evaluate a key physiological aspect involved in the possible competitive advantage of symbiotic jellyfish in eutrophic habitats. In order to determine zooxanthella importance along the pelagic phase of *C. tuberculata*, algal density, size and pigment composition were analysed and related to medusa diameter, wet weight and dry weight. Medusa samples included ranged between 2.5 and 28 cm of diameter. Animal and algal fractions were separated according to the protocol described by Verde & McCloskey (1998). Chlorophyll a concentration was determined by photometry and cell count and size were established by means of optic microscopy. Additional pigments were analysed in a small fraction of medusa samples.

Results indicated a direct relationship between chlorophyll a (and other pigments) content and medusa size. Algal cell size was independent of animal size. Medusa growth did not affect algal cell size and no clear relationship was established between algal cell number and medusa size. Pigment analysis confirmed the suspicion of the increasing importance of zooxanthellae for the nutrition and development of the pelagic stage of *C. tuberculata* deduced in a previous study (Astorga et al., 2012). Ecosystem implications and trophic interactions are discussed.

References

- Astorga D, Ruiz J, Prieto L (2012) Ecological aspects of early life stages of *Cotylorhiza tuberculata* (Macri, 1778) affecting its pelagic population success. *Hydrobiologia*. In press.
- Condon RH, Graham WM, Duarte CM et al. (2012) Questioning the rise of gelatinous zooplankton in the world's oceans. *BioScience* 62: 160–169.
- Pérez-Ruzafa A, Gilabert J, Gutiérrez JM, et al. (2002) Evidence of a planktonic food web response to changes in nutrient input dynamics in the Mar Menor coastal lagoon, Spain. *Hydrobiologia* 475-476 (1): 359-369.
- Prieto L, Astorga D, Navarro G, Ruiz J (2010) Environmental control of phase transition and polyp survival of a massive-outbreaker jellyfish. *PLoS ONE* 5: e13793.
- Purcell JE (2012) Jellyfish and ctenophore blooms coincide with human proliferations and environmental perturbations. *Annual Review of Marine Science* 4: 209-235.
- Ruiz J, Prieto L, Astorga D (2012) A model for temperature control of jellyfish (*Cotylorhiza tuberculata*) outbreaks: A causal analysis in a Mediterranean coastal lagoon. *Ecological Modelling* 233 (2012) 59–69
- Verde EA, McCloskey LR (1998) Production, respiration, and photophysiology of the mangrove jellyfish *Cassiopea xamachana* symbiotic with zooxanthellae: effect of jellyfish size and season. *Marine Ecology Progress Series* 168: 147-162.

^a Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía (ICMAN), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) (dianastorga@yahoo.es)

Reproduction and respiration of a climate change indicator copepod *Centropages chierchiae*: effect of temperature and variable food supply

Joana Cruz^{a,b,c}, Susana Garrido^b, Marta S. Pimentel^b, Rui Rosa^b, A. Miguel P. Santos^a, Pedro Ré^b

The calanoid copepod *Centropages chierchiae* is found in tropical and subtropical waters, restricted to the eastern Atlantic, Mediterranean and western Indian Ocean. In the early years of the last century, *C. chierchiae* records in the northern limit of its distribution were very scarce. For the last half century, the abundance of *C. chierchiae* has increased at the northern limits of its distribution, mainly due to oceanic climate forcing, suggesting this as a key species in monitoring climate changes. In northern Portuguese shelf waters this species is one of the most abundant of the zooplankton community in summer/autumn period. Furthermore, *C. chierchiae* is also considered an important diet item to the commercially important small pelagic fish such as *Engraulis encrasicolus* and *Sardina pilchardus*, inhabiting Peninsula Iberia Atlantic waters. Hence, it becomes necessary to investigate the factors that influence basic biological processes like metabolic and reproductive rates. Copepod respiration rate as an index of metabolism has been shown to be dependent of habitat temperature and body mass. Reproductive traits are mainly affected by temperature, food quantity and quality (eg. toxicity and production of inhibitory compounds by phytoplankton).

In this work, laboratory experiments were conducted to study the combined effect of temperature and food type and concentration on the egg production rate (EPR) and hatching success (HS) of the copepod *C. chierchiae*. Females were fed two monoalgal diets of similar sizes (the dinoflagellate *Gymnodinium* sp. and the diatom *Phaeodactylum tricorutum*) at two levels of concentration (60 and 300 $\mu\text{g C L}^{-1}$) and at three different temperatures (13, 19 and 24 °C). Respiration rates of both males and females were measured at four different temperatures (8, 13, 19 and 24 °C). The energy required to maintain the routine metabolic rate estimated at the different experimental temperatures was calculated in terms of prey concentrations of *P. tricorutum* and *Gymnodinium* sp.

EPR was significantly different between temperatures and food concentration, showing higher values when exposed to higher food levels at 19°C. Prey type influenced significantly EPR

given that *P. tricorutum* resulted in higher egg productions than *Gymnodinium* sp. EPR values reached a maximum of 36 ± 4 and 29 ± 14 eggs female⁻¹ day⁻¹ with *P. tricorutum* and *Gymnodinium* sp., respectively, at 19° C and 300 $\mu\text{g C L}^{-1}$ (Fig. 1). HS was significantly reduced at lower temperatures (13 °C) and was highest using *Gymnodinium* sp. as prey. In fact, the percentage of nauplii hatched ranged from 21 to 52% at 13 °C and between 55 and 95% at 19 and 24°C. Respiration rates were sex independent and increased exponentially with temperature (Q_{10} values between 2 and 3). Oxygen consumption ranged between 2.7 ± 1.0 and 2.8 ± 0.9 $\mu\text{L O}_2 \text{ mg}^{-1} \text{ DW h}^{-1}$ for females and males, respectively at 8 °C and 13.1 ± 3.5 and 15.3 ± 2.9 $\mu\text{L O}_2 \text{ mg}^{-1} \text{ DW h}^{-1}$ at 24 °C. The minimal food intake of *P. tricorutum* ranged on average from 0.4 to 1.8 $\mu\text{g C}$ and *Gymnodinium* sp. from 0.06 to 0.27 $\mu\text{g C}$, and daily rations from 2.78 to 14.72 % and 0.41 to 2.17 %, respectively, in order to maintain the basal metabolism of *C. chierchiae*. Comparing the values of average daily food ingested of feeding rates experiments previously conducted with the minimum carbon requirements calculated in the present work, food intake was always in excess in terms of the metabolic requirements, excepting for higher temperature (24 °C). For concentrations of dinoflagellates (*Gymnodinium* sp.) found in nature during periods when the temperature ranges between 13 and 19 °C, the metabolic energy needs are below the quantity of energy obtained from food intake.

In summary, reproduction of the copepod *C. chierchiae* is more effective at temperatures around 19 °C, lower at 13 °C and intermediate values at 24°C. This species is usually more abundant in temperatures between 13 and 20°C below or above which it is only present in very low abundance or even absent. This fact can explain the low productivity observed at 13°C which seems to be its lower temperature optimal limit. *C. chierchiae* is usually found in high abundances during summer months in the west Portuguese coast, when upwelling events take place. Average temperatures in these conditions are usually around 19°C only rising to values

¹Instituto Nacional de Recursos Biológicos (INRB-IPIMAR), Avenida Brasília s/n, 1449-006 Lisboa, Portugal (jmcruz@ualg.pt)

²Laboratório Marítimo da Guia, Centro de Oceanografia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Av. Nossa Senhora da Guia 939, 2750-374 Cascais, Portugal.

³Centro de Ciências do Mar do Algarve, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal

around 24°C in the south Portuguese coast, where upwelling is less frequent and weaker. The diatom *P. tricornutum* used as prey, induced a higher egg production than the dinoflagellate *Gymnodinium* sp., but the opposite occurred for hatching success. This suggests that different factors inherent to food quality trigger the success of these two biological processes. Further experiments should be conducted using different prey such as ciliates, taking into account the biochemical composition of food, copepod females and eggs. *C. chierchiae* metabolic rate varied with temperature and was sex independent. The majority of copepods present this temperature-dependence with only few exceptions that are found for estuarine species that need to adapt to sudden environmental fluctuations or species with ubiquitous distributions. In situ feeding experiments should be done in order to investigate the food regime seasonality and its capability to assure the metabolic energetic demands of this species. Moreover, it would be of great interest to compare both *C. chierchiae* populations from the Iberian Peninsula and northern areas, in terms of respiration, reproduction and feeding.

Patch dynamics and early life stages mortality of anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.) in the south-eastern Bay of Biscay

Paula Alvarez^a, Maria Santos^a, Unai Cotano^a, Xabier Irigoien^b and Andrés Uriarte^a

Abstract

In situ information on patchiness dynamics and eggs and larval mortality and growth provides crucial parameters for simulating the recruitment process of small pelagic fishes in hydrodynamic models. Patch dynamics and mortality rates of anchovy *Engraulis encrasicolus* L. eggs and larvae were estimated in the south-eastern Bay of Biscay in spring 2009. GPS buoys, which were used as Lagrangian reference points, were deployed to mark dense patch of anchovy eggs and a series of 14 cycles of samplings were conducted using a Bongo net around the buoy every 6 hours over a period of 3 and a half days. Each cycle consist of 4 stations located 0.5 nm apart from the central point (figure 1) resulting 5 sampling stations per cycle. The experiment lasted 83 hours and during this period the buoy moved 17.3 nm at an average speed of 0.38 km/h. Vertical profiles of temperature and salinity showed a weak thermocline and pycnocline at 15-20 m depth. Maximum concentration of chlorophyll was found at surface, and a second peak of abundance was frequently observed at 30m depth. Eggs staging revealed that the samples were composed of 4 cohorts (figure 2); however only 1 of them was successfully sampled to be used in mortality analysis. Egg mortality was estimated using Bayesian ageing method resulting a Z value of -1.190 (SE = 0.0090), which represented around 70% of daily mortality. Larval range varied from 2.0 to 15.7 mm SL. Statistically differences of captured larval at size during day and night was observed for two upper size ranges (4-8 mm and > 8mm). Polynomial regression between larvae's size and time revealed that the maximum capture of larvae bigger than 8 mm occurred at night (01:35 hour). Larval growth rate was estimated considering the mean larval length at each cycle. Growth rate varied from 0.547 mm/day (including the whole data) to 0.845 mm/day (when the last 4 cycles were excluded from the analysis). *In situ* information on patchiness dynamics and eggs and larval mortality and growth provides crucial parameters for simulating the recruitment process of small pelagic fishes in hydrodynamic models.

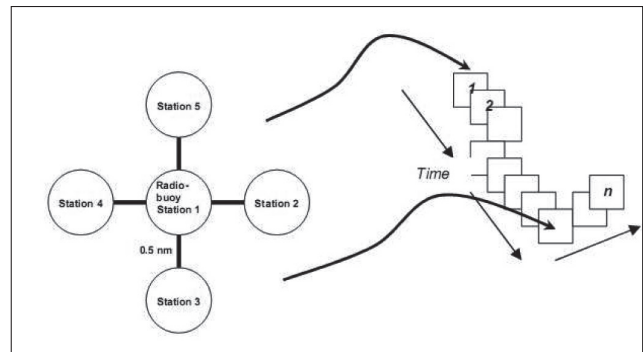


Figure 1. Diagram showing the adaptive sampling carried out during the survey. Each square represents a cycle of 5 stations which moves according to the radio-buoy displacement.

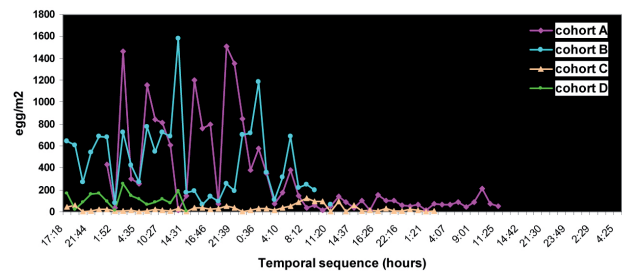


Figure 2. Evolution of anchovy egg cohorts (A, B, C and D) throughout the drifter experiment. Egg abundance in number/m².

^a AZTI-Foundation. Herrera kaia. Portualdea z/g. 20110 Pasaia. Gipuzkoa. Spain.

^b King Abdullah University of Science and Technology. Red Sea Center. Marine Science. Thuwal 23955-6900. Kingdom of Saudi Arabia.

Comparative analysis of the larval growth patterns of five fish species in the Bay of Biscay

Unai Cotano^{a*}, Itziar Estensoro^b, Paula Alvarez^a, Egoitz Etxebeste^a, Xabier Irigoien^a

The main aim of fisheries science is to achieve a sustainable exploitation of this natural resource by which fishing mortality does not exceed the renewable production of fish biomass. Adequate management measures to avoid the overfishing require a detailed understanding of the populations' dynamics. Annual recruitment fluctuations in fish populations have big influence on stock size and are largely dependent on the species' mortality, especially during the early life stages, which are the most vulnerable ones. Thus several studies have demonstrated that small differences in mortality rates during the early life stages may generate large differences in the subsequent recruitment. Therefore survival and successful growth of eggs and larvae are determinant for the recruitment (Hunter, 1980). However, larval ecology is still poorly understood because their fragility limits our ability to do experimental studies in the field and requires of laboratory rearing of the species. Field studies of the diet also present difficulties for general interpretation of the strategy of different species because the labour involved in obtaining data for different species under comparable food field conditions and also because smaller larvae ingest items (eg. microzooplankton) that cannot be identified in the guts (Pepin and Dower 2007). In general it can be said that little is known about the survival strategies of fish larvae. One useful approach to investigate fish larval ecology is that of comparative studies of the allometric growth. Because morphology reflects evolutionary adaptation to different surviving strategies, the comparison of growth can provide valuable information about those strategies (Huxley 1924). Five different species of commercial interest for the fishing fleet in the Bay of Biscay: hake, (*Merluccius merluccius*), mackerel (*Scomber scombrus*), horse mackerel (*Trachurus trachurus*), anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and sardine (*Sardine pilchardus*) larvae were collected in the Bay of Biscay during several cruises between

2001 and 2005. Morphometric analyses and ageing on the basis of the otolith microstructure were carried out in order to compare the early growing patterns. Hake, mackerel and horse mackerel larvae head and mandibles developed faster than for sardine and anchovy. On the other hand anchovy and sardine body length increased faster than that of hake, mackerel and horse mackerel. This suggests different strategies (finding prey vs. escaping) that correspond with the environmental characteristic found in spawning areas of these species.

^a AZTI-Tecnalia. Marine Research Division. Herrera Kaia, Portualdea z.g., 20110 Pasaia, Spain.

*Correspondence e-mail: Unai Cotano (ucotano@azti.es)

^b Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Torre de la Sal s/n, 12595 Ribera de Cabanes, Castellón, Spain.

Cannibalism and IntraGuild predation on anchovy (*Engraulis encrasicolus* L., 1758) eggs in the Bay of Biscay

Eneko Bachiller^a, Unai Cotano^a, Xabier Irigoien^b

Most pelagic fish species, and in particular anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and sardine (*Sardina pilchardus*) in upwelling systems, undergo large interannual and interdecadal fluctuations in abundance (Cury, 1988; Lluch-Belda *et al.*, 1989; Baumgartner, 1992; Schwartzlose *et al.*, 1999; Chavez *et al.*, 2003). Anchovy and sardine have a central place in upwelling ecosystems where they constitute an important part of commercially exploited species (Uriarte *et al.*, 1996; Sanchez & Olaso, 2004; ICES, 2011). Anchovy in particular has an important role from the economic point of view for the commercial fleet. Additionally it also plays a role as forage fish for numerous predators e.g., tuna (Goñi *et al.*, 2011).

Different hypotheses have been suggested to explain interannual and long term variations in fish abundance. In the case of small pelagic species like anchovy, it is generally assumed that environmental conditions regulates in some way the annual recruitment of these species (Borja *et al.*, 1996, 1998, 2008) but our knowledge of the mechanism thorough this control is exerted is limited and in many cases is quite difficult to establish the cause-effect relationships. The Cantabrian Sea Waters are heating 0.5°C every decade (Kotsikopoulos *et al.*, 1998; Planque *et al.*, 2003; Llope *et al.*, 2007; DeCastro *et al.*, 2009). This warming is related to changes in the frequency and intensity of the upwelling (Llope *et al.*, 2006, 2007). It is known that anchovy populations are sensitive to changes in water temperature (Chavez *et al.*, 2003) and upwelling intensity (Borja *et al.*, 1998), and probably also to other effects related to water warming. Taking into account that anchovy is better adapted to high temperatures (Planque *et al.*, 2007) than other coexisting pelagic species in Cantabrian Sea (sardine, Atlantic mackerel and Atlantic Chub mackerel, Atlantic horse mackerel and Mediterranean horse mackerel, sprat and bogue) the strong reduction in anchovy biomass during the last years invites to think that intra and inter-species interactions could be exerting an important role on the control of anchovy biomass in the Bay of Biscay. Recently, Aldanondo (2010) showed that anchovy recruitment, which mainly regulates the population dynamics seem to be largely regulated by mortality rates of early life stages.

Inter-specific interactions and particularly predator-prey interactions is one of the major topic of discussion in fisheries research. These relationships have been postulated in several occasions as a cause of the cycles and changes in abundance between guild species (Walters *et al.*, 1986; Polis *et al.*, 1989). Moreover

the cannibalism has been described as a mechanism providing the upper limit to population density (Ricker 1958, 1973; Hunter & Kimbrell, 1980; MacCall, 1981; Alheit, 1987; Valdés Szeinfeld *et al.*, 1987), exerting a self-regulation in population abundance. On the other hand, predation by other guild species is commonly considered as a regulation mechanism between competing species (Fox, 1975). In this sense clupeiform fish are probably the most important predators of fish eggs because they are abundant and travel in large schools (Hunter & Kimbrell, 1980; Hunter, 1981).

Among the causes of egg mortality, egg cannibalism has been reported for engraulid populations in anchovies all over the world, such as the European anchovy (Tudela & Palomera, 1997; Plounevez & Champalbert, 1999, 2000). However, many studies have noted a strong evidence of a decrease in egg cannibalism as copepod density increased (Valdés Szeinfeld, 1991; Pájaro *et al.*, 2007) as well as a relationship between consumption rate and density of plankton eggs (Hunter & Kimbrell., 1980; Pájaro *et al.*, 2007). On the other hand, because small pelagic fish (e.g., sardines [Garrido *et al.*, 2007]) filter larger volumes of seawater their potential to prey on fish eggs is likely to cause a great mortality of such an early stage of fish population. For example, sardines in the South Africa can cause a greater mortality of anchovy eggs than cannibalism by the anchovy itself (Valdés Szeinfeld, 1991).

In this study, a total of 992 fish stomachs are analyzed and ingested fish eggs (i.e., anchovy eggs and eggs of other fish species) and fish (i.e., Clupeids and others) counted. Anchovy eggs are found at least in the 18% of stomachs of each sampled predator species (including cannibalism), with the exception of horse mackerels. Presence of other fish eggs was achieved in the 25% of analyzed stomachs, including all sampled predator species. Although predation upon Clupeiforms (larvae and fish) was rarely observed in number, it was achieved in most of the sampled predator species. Moreover in case of mackerels predation upon other fish species was also observed

To our knowledge there is no previous study about the impact that anchovy egg consumption could have in anchovy population density of the Bay of Biscay. Therefore, the main objective of this study is to provide empirical evidence on anchovy cannibalism and predation of the main small pelagic fish species on anchovy eggs. In addition, information about anchovy and other fish egg consumption as well as fish larvae and adult predation by the different predator species sharing the same niche is provided. Finally, since the 91% of anchovy eggs (79% considering also eggs of other fish species) were found in stomachs of sardines, the global impact that sardine egg predation could have on anchovy egg mortality in the area is estimated together with the effect of the cannibalism by the anchovy itself.

^a Marine Research Division, AZTI Foundation, Herrera Kaia Portualdea, z/g 20110, Pasaia (Gipuzkoa), Spain. (ebachiller@mail.com)

^b King Abdullah University of Science and Technology (KAUST), Red Sea Research Center, Thuwal 23955-6900. Saudi Arabia.

Environmentally sensitive recruitment embedded in a Bayesian model for the European anchovy

Margarita María Rincón^a, Javier Ruiz^a, and Diego Macías^a

The physical environment affects fish stocks and landings (Lloret et al., 2001; Erzini, 2005), particularly for short-living pelagic species like clupeoids (Nakata et al., 2000; Guisande et al., 2004; Basilone et al., 2006). Environment restrains survival of clupeoid at early life stages and engenders recruitment failures which are thought to influence interannual fluctuation of catches more than variations in fishing effort (Cingolani et al. 1996; Dimmlich et al., 2004). Recruitment failure under adverse meteorology, intense easterlies and low precipitation, is considered to decrease anchovy landings at the Gulf of Cádiz (Ruiz et al., 2006). Although a similar feature is also observed in other anchovy fisheries (e.g. Motos et al., 1996), it is seldom implemented in management models (Freon et al., 2005). Lack of an underlying hypothesis and abuse of inferences driven by data are among the flaws leading to this failure (Barange et al., 2001).

In addition to these limitations, uncertainty owing to model imperfect representation of recruitment and its connection with the environment is barely accounted for in these approaches. Uncertainty is a key component to compute in the implementation of any science aimed to support the taking of decisions (Lindley, 1971). When applied to fishery research, Bayesian space-state approaches compute this uncertainty as a natural output after application of Bayes theorem (Millar and Meyer, 2000; Punt and Hilborn, 1997). Implementation of state-space schemes of stock dynamics under the Bayesian approach transforms into uncertainty both observational and hypothesis errors (Meyer and Millar, 1999; Rivot et al., 2004). As a result, they elude the dichotomy between mechanistic (e.g. Fasham-like ecosystem models) or purely data driven (e.g. generalized additive models) inference techniques and assimilate all available information to reduce uncertainty. This is particularly useful when connecting information sources with different origin and format as in small pelagic fisheries.

The present text describes the conceptual frame to adapt the general Bayesian state-space population dynamics model (GPDM) developed in the ECOKNOWS project (Mäntyniemi, 2012) to stocks like anchovy where the environment cannot be ignored in the dynamics of the population.

The model formulation proposed for the Gulf of Cádiz includes a recruitment process environmentally-sensitive, forced mainly by temperature, easterlies and discharges from Guadalquivir river (Ruiz

et al., 2009). The first life stages processes are modelled considering a weekly time resolution for eggs and larvae according to the spawning periodicity and the synoptic meteorological time scale while the latest stages are defined in a monthly resolution determined by the monthly records of catches and its length frequency. This double resolution provides the adequate time-steps to resolve the environmental and anthropogenic effects on each stage ending a suitable framework to model other small pelagic fisheries.

References

- Barange, M. (ed) (2001) Use of environmental indices in the management of pelagic fish populations. Report of the 1st meeting of the SPACC/IOC Study Group populations. *GLOBEC Special contribution*. No. 5: 122 pp.
- Basilone, G., Guisande, C., Patti, B., Mazzola, S., Cuttitta, A., Bonanno, A., Vergara, A.R., and Maneiro, I. (2006) Effect of habitat conditions on reproduction of the European anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in the Strait of Sicily. *Fish. Oceanogr.* **15**: 271–280.
- Cingolani, N., Giannetti, G. and Arneri, E. (1996) Anchovy fisheries in the Adriatic Sea. *Sci. Mar.* **60**: 269–277.
- Dimmlich, W.F., Breed, W.G., Geddes, M. and Ward, T.M. (2004) Relative importance of gulf and shelf waters for spawning and recruitment of Australian anchovy, *Engraulis australis*, in South Australia. *Fish. Oceanogr.* **13**: 310–323.
- Erzini, K. (2005) Trends in NE Atlantic landings (southern Portugal): identifying the relative importance of fisheries and environmental variables. *Fish. Oceanogr.* **14**: 195–209.
- Freon, P., Cury, P., Shannon, L. and Roy, C. (2005) Sustainable exploitation of small pelagic fish stocks challenged by environmental and ecosystem changes: a review. *Bull. Mar. Sci.* **76**: 385–462.
- Guisande, C., Vergara, A.R., Riveiro, I. and Cabanas, J.M. (2004) Climate change and abundance of the Atlantic Iberian sardine (*Sardina pilchardus*). *Fish. Oceanogr.* **13**: 91–101.
- Lindley, D.V. (1971) *Making decisions*. London: John Wiley & Sons, 207 pp.
- Lloret, J., Lleóart, J., Solé, I. and Fromentin, J.-M. (2001) Fluctuations of landings and environmental conditions in the North-Western Mediterranean Sea. *Fish. Oceanogr.* **10**: 33–50.
- Mäntyniemi, S. (2012) General state-space population dynamics model: theoretical derivation. *In pres.*
- Meyer, R. and Millar, R.B. (1999) BUGS in Bayesian stock assessment. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **56**: 1078–1086.
- Millar, R.B., and R. Meyer (2000): Bayesian State-Space Modeling of Age-Structured Data: Fitting a Model is Just the Beginning. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **57**: 43–50.
- Motos, L., Uriarte, A. and Valencia, V. (1996) The spawning environment of the Bay of Biscay anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.). *Sci. Mar.* **60** (Supl 2): 117–140.
- Nakata, H., Funakoshi, S. and Nakamura, M. (2000) Alternating dominance of postlarval sardine and anchovy caught by coastal fishery in relation to the Kuroshio meander in the Enshu-nada Sea. *Fish. Oceanogr.* **9**: 248–258.

^a Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía (ICMAN), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Av. República Saharaui 2, 11519, Puerto Real, Cádiz-Spain. (margarita.rincon@icman.csic.es)

- Punt, A.E. and Hilborn, R. (1997) Fisheries stock assessment and decision analysis: the Bayesian approach. *Rev. Fish Biol. Fisher.* **7**: 35-63.
- Rivot, E., Prévost, E., Parent, E., Baglinière, J.-L. (2004) A Bayesian state-space modelling framework for fitting salmon stage structured population dynamic model to multiple time series of field data. *Ecol. Model.* **179**: 463-485.
- Ruiz, J., Garcia-Isarch, E., Huertas, I.E., Prieto, L., Juárez, A., Muñoz, J.L., Sánchez-Lamadrid, A., Rodríguez, S., Naranjo, J.M. and Baldó, F. (2006) Meteorological forcing and ocean dynamics controlling *Engraulis encrasicolus* early life stages and catches in the Gulf of Cádiz. *Deep-Sea Res. II* **53**: 1363–1376.
- Ruiz, J et al. (2009). “A Bayesian model for anchovy (*Engraulis encrasicolus*): The combined forcing of man and environment.” *Fisheries Oceanography* **18**(1): 62-76.

La edad y el crecimiento del atún rojo Atlántico (*Thunnus thynnus thynnus*)

José L. Cort^a

La edad y el crecimiento del atún rojo Atlántico (*Thunnus thynnus thynnus*) han sido ampliamente estudiados a lo largo de la historia de este pez. Corson (1923) hizo la primera determinación de la edad del atún rojo del Atlántico basándose en las escamas de pequeños ejemplares muestreados en *Long Island (NY, USA)* en septiembre de 1923. de Buen (1925) y Sella (1929) fueron los primeros científicos europeos que aportaron datos de edad basados en el estudio de partes esqueléticas, vértebras en este caso. Recientemente, Rooker *et al.* (2007) citan diez trabajos de crecimiento hechos en el Atlántico oriental y Mediterráneo, y siete más del Atlántico occidental llevados a cabo en las últimas seis décadas. Posteriormente a este estudio, otros sobre el mismo tema han sido publicados por: Neilson & Campana (2008), Santamaria *et al.* (2008), Secor *et al.* (2009), Luque *et al.* (2011) y Landa *et al.* (2011). La mayor parte de ellos se basan en el modelo de crecimiento de von Bertalanffy (1938).

Los resultados muestran una considerable heterogeneidad de los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy, por lo que en el presente estudio se dan normas basadas en diversas metodologías y en una extensa revisión bibliográfica para determinar los valores reales de los mismos.

Bibliografía

- Bertalanffy, L. von, 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws. II). *Human. Biol.* 10: 181-213.
- Corson, R.H., 1923. The "weight for age curve" of tuna. *Fishing Gazette, London* 87: 519-520.
- de Buen, F., 1925. Biología del atún, *Orcinus thynnus* (L.). Resultado de las campañas realizadas por acuerdos internacionales, I. Madrid, 118 p.
- Landa, J., Rodríguez-Marín, E., Lastra, P., Ruíz, M. & Quelle, P., 2011. Growth of bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) in the North-eastern Atlantic and Mediterranean based on back-calculation of dorsal spine annuli. ICCAT, SCRS/2011/178, 12 p.
- Luque, P., Rodríguez-Marín, E., Ruíz, M., Quelle, P., Landa, J. & Macías, D., 2011. A review of direct ageing methodology using dorsal fin spine from Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). ICCAT, SCRS/2011/176, 22 p.
- Neilson, J., Campana, S. E., 2008. A validated description of age and growth of Western Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 65, 1523-1527.
- Rooker, J., Alvarado, J., Block, B., Dewar, H., De Metrio, G., Prince, E., Rodríguez-Marín E. & Secor, D., 2007. Life and Stock Structure of Atlantic Bluefin Tuna (*Thunnus thynnus*). *Reviews in Fisheries Science*, 15: 265-310.
- Santamaria, N., Bello, G., Corriero, A., Deflorio, M., Vassallo-Agius, R., Bök, T., De Metrio, G., 2009. Age and growth of Atlantic bluefin tuna, *Thunnus thynnus* (Osteichthyes: Thunnidae), in the Mediterranean Sea. *J. Appl. Ichthyol.* 25, 38-45.
- Secor, D.H., Wingate, R.L., Neilson, J.D., Rooker, J.R. & Campana, S.E., 2009. Growth of Atlantic bluefin tuna: direct age estimates. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 64 (2): 405-416.

^a Instituto Español de Oceanografía, Santander (España)
jose.cort@st.ieo.es

Stock structure of some deep sea fishes (*Helicolenus dactylopterus* and *Pontinus kuhlii*) in Azores Archipelago using otolith elemental fingerprints

Alberto Teodorico Correia^{a,b}, Eduardo José Isidro^c, Ruth Margareth Higgins^c

Oceanic circulation patterns in the Azores are complex and seasonally variable, which is likely to be linked to the fisheries recruitment processes taking place in this Atlantic area. In the Azores, *Helicolenus dactylopterus* and *Pontinus kuhlii* are among the most valuable fish species captured and represents a major target of the bottom long-line fisheries. Although the overall stock structure for both species remains unclear, based on the current knowledge they are considered to constitute a single resource pool. Otolith fingerprinting can significantly increase the accuracy of population discrimination, particularly in resolving dispersal and connectivity among sub-populations within genetically homogeneous meta-population complexes. Where movement between populations is limited, elemental fingerprints can be used to identify fish from a particular region, namely if these individuals are under the influence of water bodies with markedly different composition. In this study sampling took place aboard of the RV Arquipélago in deep waters (100 to 900 m depth) of the Azores along the east (S. Miguel), central (Terceira) and west (Flores and Corvo) groups during 2004 and 2005. Ninety individuals of similar length of each species were chosen, 30 fish per location (east, central and west areas, respectively). Whole otolith elemental composition was determined using solution-based inductively coupled plasma mass spectrometry (SB-ICP-MS). Prior to chemical analysis, otoliths were weighed, cleaned and decontaminated according to usual standard protocols. Otolith fingerprint analysis detected the presence of several informative trace elements (Ca, Sr, Ba, Mg, Mn, Zn, Cd, Cu, Li and Pb) for both species. Molar concentrations for each site were analysed through uni- and multivariate statistical tests, independently for each species. Linear discrimination function analysis allowed us to discriminate the individuals with respect to their fishery sampling origin. By exploring the obtained spatial patterns of the species-specific elemental signatures we shed light on whether these species should be regarded as a single stock in the Azores region, or by contrary the juvenile fish mix partially and, therefore, cannot be assumed to be separate units for fisheries management purposes. This question should be addressed in light of global depletion of fish stocks, since is essential for a rational and sustainable aquatic living resources management.

¹Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental (CIIMAR), Porto, Portugal. Email: atcorreia.ciimar@gmail.com

²Centro de Investigação em Alterações Globais, Energia e Bioengenharia (CIAGEB), Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Fernando Pessoa (FCS-UEFP), Porto, Portugal

³Departamento de Oceanografia e Pescas da Universidade dos Açores, 9901-862 Horta, Portugal

The “jelly-carbon-shunt”: metabolism of *Cotylorhiza tuberculata* at different light treatments

Diana Astorga^a, Javier Ruiz^a, Laura Prieto^a

When a gelatinous zooplankton bloom occurs in a pelagic ecosystem, there are relevant impacts in the food chain as depletion of other zooplankton biomass (Roohi et al., 2008), increase on phytoplankton biomass by decreasing the grazing impact due to zooplankton biomass (Roohi et al., 2010) together by increasing the nutrients available in the water column due to excretion caused by the gelatinous organisms (Pitt et al., 2009; Condon et al., 2011), plus long term effects on catchability of fisheries caused by predation on fish eggs and larvae (Kideys, 2002).

In the present study, respiration and excretion experiments were conducted under controlled laboratory conditions with freshly collected specimens of the blooming symbiotic scyphozoan *Cotylorhiza tuberculata* at different light treatments and nutrient concentrations in order to evaluate its contribution to the “jelly-carbon-shunt” in its natural environment. Besides oxygen generation or depletion, nutrient analysis included ammonium, nitrite, nitrate, phosphate and organic carbon and nitrogen.

Experimental results were contrasted with respiration and excretion rates of other zooxanthellate scyphozans and compared to those of non-symbiotic species. Given the importance of *C. tuberculata* summer blooms in the Mar Menor coastal lagoon since 1995 (Pérez-Ruzafa et al., 2002), the implementation of a local program for medusa removal provides the tools to evaluate ecosystem implications based on metabolic and feeding rates (Purcell et al., 2010). The role of zooxanthellae in jellyfish adaptation to the eutrophic environmental conditions of the Mar Menor is also discussed.

References

- Condon RH, Steinberg DK, del Giorgio PA, et al. (2011) Jellyfish blooms result in a major microbial respiratory sink of carbon in marine systems. *Proceedings of the National Academy of Science* 108: 10225-10230.
- Kideys AE (2002) Fall and rise of the Black Sea ecosystem. *Science* 297: 1482-1484.
- Pérez-Ruzafa A, Gilabert J, Gutiérrez JM, et al. (2002) Evidence of a planktonic food web response to changes in nutrient input dynamics in the Mar Menor coastal lagoon, Spain. *Hydrobiologia* 475-476 (1): 359-369.
- Pitt KA, Welsh DT, Condon RH (2009) Influence of jellyfish blooms on carbon, nitrogen and phosphorus cycling and plankton production. *Hydrobiologia* 616: 133-149.
- Purcell J E, Fuentes V, Atienza D et al. (2010) Use of respiration rates of scyphozoan jellyfish to estimate their effects on the food web. *Hydrobiologia* 645:135–152
- Roohi A, Zulfigar Y, Kideys A, et al. (2008) Impact of a new invader ctenophore *Mnemiopsis leidyi* on the zooplankton of the southern Caspian Sea. *Marine Ecology* 29, 421-434.
- Roohi A, Kideys A, Sajjadi A, et al. (2010) Changes in biodiversity of phytoplankton, zooplankton, fishes and macrobenthos in the Southern Caspian Sea after the invasion of the ctenophore *Mnemiopsis leidyi*. *Biological Invasions* 12: 2343-2361.

^aInstituto de Ciencias Marinas de Andalucía (ICMAN), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) (dianastorga@yahoo.es)

Composición, abundancia y distribución de zooplancton en aguas de la ZEE del noroeste peninsular

Ana Miranda^a, Gerardo Casas^a, Gonzalo Gonzalez- Nuevo^a, Santiago Lens^a

Durante el transcurso de la campaña CODA (Cetacean Offshore Distribution and Abundance in the European Atlantic) en julio de 2007, se llevaron a cabo una serie de estaciones oceanográficas para caracterizar el hábitat de los cetáceos.

Para el estudio de la composición, abundancia y distribución de la comunidad de zooplancton se realizaron 42 arrastres verticales diurnos y nocturnos hasta 300 m de profundidad con una red WP2 de 65 cm. de diámetro de boca y con apertura de malla de 200 μ m. Los datos hidrográficos se obtuvieron por medio de un CTD. Las estaciones estuvieron comprendidas entre los 42° y 45° N, 7,5° y 14° W. (Fig.1)

La temperatura en superficie varió entre 17,8 y 20° C y las salinidades entre 35,5 a 35,9 con la termoclina localizada en torno a los 50 m.

Se utilizó un método de cluster para agrupar las estaciones atendiendo a la composición taxonómica de los grupos de mesozooplankton (Tabla I). El grupo 1 de estaciones se caracterizó por tener densidades y diversidad bajas; en contraposición al grupo cuatro que tuvo las estaciones con abundancias más altas y con mayor diversidad, los dos grupos restantes presentaron valores intermedios. Los grupos se asocian con características físicas distintas. El grupo 1 y el grupo 3 tuvieron temperaturas y salinidades bajas a 150 m (12,23° C, 35,67 y 12,36° C y 35,69 respectivamente) mientras que en el grupo 2 y el grupo 4 fueron parecidas en temperatura 12,52° C y 12,51° C y con la misma salinidad (35,7). En el caso de la termoclina, el grupo 3 presenta una estratificación mayor (profundidad 30 m) respecto al resto de los grupos, situándose en ellos a profundidades mayores que 40m.

Los principales grupos de zooplancton obtenidos en el análisis taxonómico fueron: copépodos, apendicularias, radiolarios y tintinidos. Dentro de los copépodos dominaron las siguientes especies: *Oithona plumifera*, *Calanus helgolandicus*, *Paracalanus parvus* y *Centropages spp.*

La abundancia de zooplancton fue baja, variando entre 70 y 1225 ind./m³.

En cuanto a la distribución de zooplancton, los copépodos, las apendicularias y los radiolarios se observaron en toda la zona de estudio, mientras que los tintinidos están en la zona norte más alejada de la costa.

Cabe destacar que, en toda la campaña, las especies más abundantes de copépodos fueron de pequeño tamaño (*Oithona plumifera* presente en todas las estaciones con valores entre 11 y 199 ind/m³. y *Paracalanus parvus* valores entre 6 y 343. ind/m³.) y de individuos juveniles, (*Calanus helgolandicus* jóvenes entre 6 y 200 ind/m³. y *Centropages spp* jóvenes con un máximo de 67 ind/m³ en

la zona media del área estudiada).

Las estaciones del grupo 1 presentan diferencias significativas en su composición específica con respecto al resto de los grupos. Estas estaciones coinciden con un frente salino, poseen una baja abundancia de zooplancton y además se observaron un número alto de avistamientos de rorcuales comunes (*Balaenoptera physalus*).

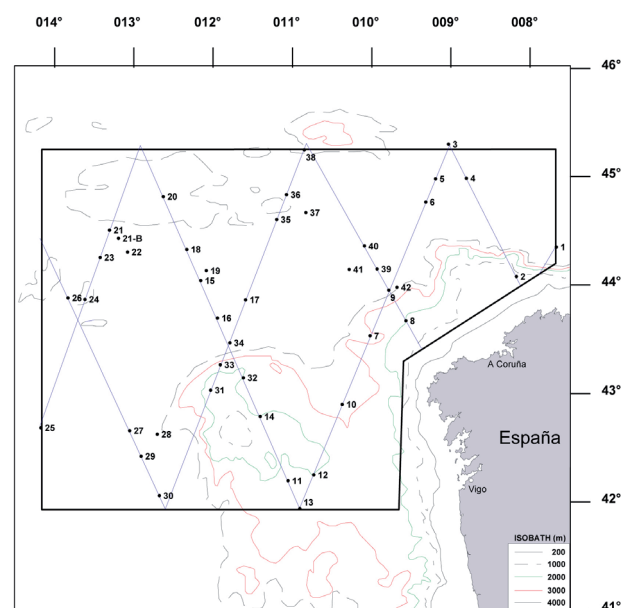


Figura 1. Campaña Coda: Muestras W-P2 Vertical y CTD.

Tabla 1. Distribución de las estaciones en diurnas y dentro de las nocturnas la separación de los 4 grupos por el análisis de Cluster.

ESTACIONES DIURNAS	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4
6	7	4	3	11
10	9	5	8	12
14	39	21	16	13
18	40	28	17	15
19		29	25	22
20		31	27	23
26		32	35	37
30		33	36	
34			41	
38				
42				

^a Instituto Español de Oceanografía (IEO) Cabo Estai. Canido 36390. Vigo (ana.miranda@vi.ieo.es)

Vertical distribution of meroplankton in the Antarctic Sound, Antarctica

Julia Ameneiro^a, Juan Bellas^b, Jorge Hernández^c, Cristián Henríquez^d, Gonzalo Macho^a, Esther Pérez^a, Carmen Primo^e, Pablo Sangrá^f, Cristina Sobrino^a, Elsa Vázquez^a

As in other oceans, planktonic larvae also seem to play a key role in benthic recruitment in Southern Ocean since recent investigations have revealed a relatively high diversity and abundance of larval forms (Bowden et al. 2009; Sewell and Jury 2011). The persistence of adult population of these organisms depends on the successful recruitment of their larvae which is dependent on the larval dispersal (Shanks et al. 2002). Although larvae are dispersed as passive particles (Shanks et al. 2003), meroplankton populations often vary their horizontal distributions by adjusting vertical position in the presence of current shear (Kimmerer and McKinnon 1987). Their vertical distribution is largely determined by diel vertical migration (Lampert et al. 2003). The most common pattern of vertical migration is an evening ascent and a morning descent (Lampert 1989), although three other patterns of migration have been recognized such as twilight, reverse and tidal patterns (Rawlison et al. 2004). This vertical migration behaviour is considered mainly as a response to avoid the predation (Lampert et al. 2003), however, another factors such as food availability and temperature can influence vertical distribution (Lampert et al. 2003). Therefore, this patterns of zooplankton vertical movements are difficult to interpret because of multiple and complex environmental factors.

The present study investigates the changes in vertical distribution of abundance and composition of pelagic larvae of marine

invertebrate and their relationship with the hydrographical properties of the water column during a 24-h period near Joinville Island in the Antarctic Sound, Antarctica.

During the multidisciplinary survey COUPLING-10 on board the RV *Hespérides* carried out in January 2010 around of South Shetland Islands, zooplankton samples were collected at 6-h intervals during a 24-h period at Antarctic Sound (63°25'45''S 56°38'45''W) (Fig. 1) using of a modified MOCNESS plankton net at 5-depth intervals (300-200, 199-100, 99-70, 69-40, 39-10 m). In addition, vertical profiles of temperature, salinity and *in situ* fluorescence were obtained using a Conductivity-Temperature-Depth sensor (CTD) attached to the rosette equipped with Niskin bottles, except at third time due to electric problems with the CTD connection. Samples were collected on each CTD cast for determination of size-fractionated chlorophyll-*a* concentrations. On the other hand, the maximum photochemical efficiency of photosystem II was assessed using a Fast Repetition Rate fluorometer (FRRf). This technique allows a rapid *in situ* analysis of the physiological status of the phytoplankton in the water column. Measurements of velocity in the water column were obtained using acoustic Doppler current profilers (ADCP).

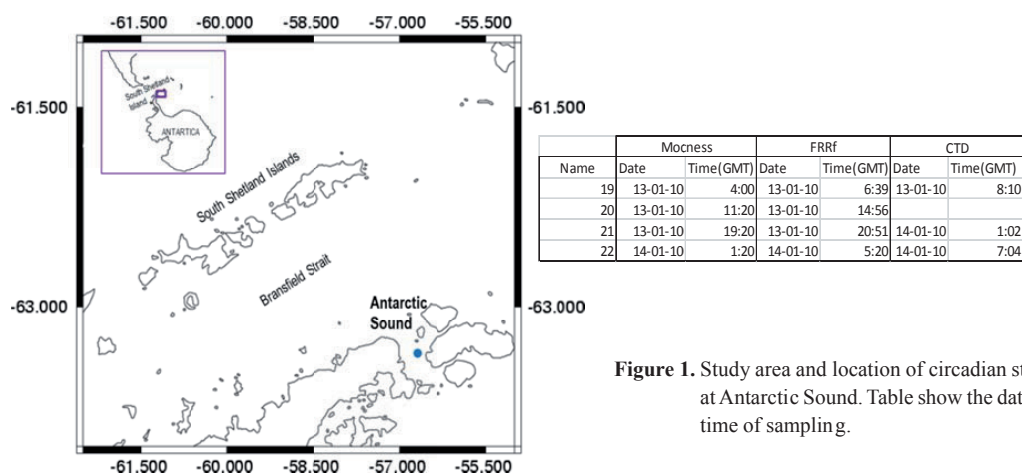


Figure 1. Study area and location of circadian station at Antarctic Sound. Table show the date and time of sampling.

^a Dpto. Ecología e Biología Animal, Facultade de Ciencias do Mar, Universidade de Vigo, 36200 Vigo, Spain (julia.ameneiro@uvigo.es)

^b IEO, Centro Oceanográfico de Vigo, Cabo Estai-Canido, 36200 Vigo, España

^c Instituto de Investigaciones Marinas (CSIC, Vigo)

^d Programa de Doctorado en Física. Dpto. de Geofísica, Universidad de Concepción, Chile

^e National Centre for Marine Conservation and Resource Sustainability, University of Tasmania, Launceston (Australia)

^f Dpto. Física. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 35017 Las Palmas de Gran Canaria, España

The main hydrographical features were the internal waves and tidal waves which might be related with the strong tidal flows and the abrupt bathymetry, producing an intense mixing of water column (Fig 2).

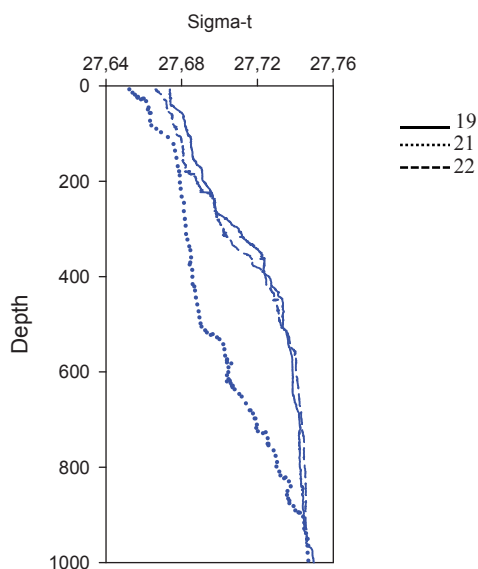


Figure 2. Vertical profiles of potential density for the circadian station at Antarctic Sound.

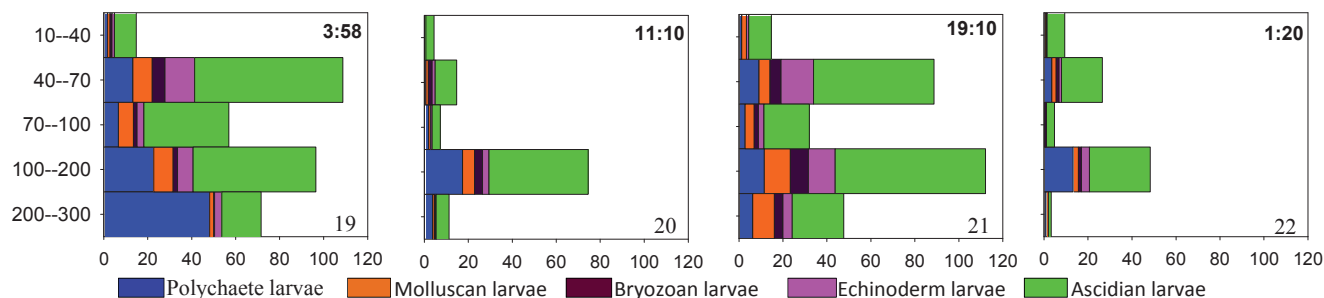


Figure 3. Abundance (larvas 100m⁻³) of major meroplanktonic larval groups at Antarctic Sound.

References

- Absher TM, Boehs G, Feijo AR, da Cruz AC (2003) Pelagic larvae of benthic gastropods from shallow Antarctic waters of Admiralty Bay, King George Island. *Polar Biol* 26:359–364
- Ameneiro J, Bellas J, Hernández-Urcera J, Macho G, Pérez-Fernández E, Primo C, Sangrá P, Vázquez E (2011) Campaña COUPLING10: Resultados preliminares de abundancia y distribución del meroplancton alrededor de las Islas Shetland del Sur, Antártida. Simposio de Estudios Polares
- Ashjian CJ, Rosenwaks GA, Wiebe PH, Davis CS, Gallagher SM, Copley NJ, Lawson GL, Alatalo P (2004) Distribution of zooplankton on the continental shelf of Marguerite Bay, Antarctic Peninsula, during Austral Fall and Winter 2001. *Deep Sea Res II* 51:2073–2098
- Bowden DA, Clarke A, Peck L (2009) Seasonal variation in the diversity and abundance of pelagic larvae of Antarctic marine invertebrates. *Mar Biol* 156:2033–2047
- Kimmerer WJ, McKinnon AD (1987) Zooplankton in a marine bay. II. Vertical migration to maintain horizontal distributions. *Mar Ecol Prog Ser* 41:53–60
- Lampert W (1989) The adaptive significance of diel vertical migration of zooplankton. *Funct Ecol* 3:21–27.
- Lampert W, McCauley E, Manly BFJ (2003) Trade-offs in the vertical distribution of zooplankton: ideal free distribution with costs? *Proc. R. Soc. Lond. B* 270: 765–773
- Rawlinson KA, Davenport J, Barnes DKA (2004) Vertical migration strategies with respect to advection and stratification in a semi-enclosed lough: a comparison of mero- and holozooplankton. *Mar Biol* 144:935–946
- Sewell MA (2005) Examination of the meroplankton community in the south-western Ross Sea, Antarctica, using a collapsible plankton net. *Polar Biol* 28:119–131
- Sewell MA, Jury JA (2011) Seasonal patterns in diversity and abundance of the high Antarctic meroplankton: plankton sampling using a Ross Sea desalination plant. *Limnol Oceanogr* 56:1667–1681
- Shanks AL, Largier J, Brink L, Brubaker J, Hooff R (2002) Observations on the distribution of meroplankton during a downwelling event and associated intrusion of the Chesapeake Bay estuarine plume. *J Plankton Res* 24:391–416
- Shanks AL, Largier J, Brubaker J. (2003) Observations on the distribution of meroplankton during an upwelling event. *J Plankton Res* 25:645–667

Sobre la distribución de *Aristeus Antennatus* (Risso, 1816) en el talud de la costa catalano-levantina e Islas Baleares (Mediterráneo Occidental)

Mariano García-Rodríguez

La gamba roja (*Aristeus antennatus*, Risso 1816) es una especie ampliamente distribuida en el Atlántico oriental desde Portugal hasta las islas Azores y las de Cabo Verde, alcanzando en su extremo septentrional el Banco de Galicia. Presente en el Índico hasta las Maldivas, se distribuye ampliamente por las tres cuencas del Mediterráneo a excepción del Adriático y Egeo (Holtius, 1987). Es objeto de una pesquería muy concreta, siendo de gran aprecio en el mercado: En el Mediterráneo español es una especie explotada tradicionalmente en Baleares, fundamentalmente en el Canal de Ibiza, así como en Cataluña, Levante, Murcia, Almería e isla de Alborán. Estos crustáceos se localizan en el talud continental e insular, como en el caso de las Baleares, en profundidades que van de los 200 hasta fondos superiores a los 1000 m (Cartes, 1991), concentrándose en fondos fangosos entre los 350 y 800 m de profundidad. Llevan a cabo importantes migraciones, tanto de carácter nocturno como estacional, moviéndose no sólo desde los 200 m de profundidad que puede llegar a alcanzar durante la noche, hasta más de 800 m durante el día, sino que también son capaces de cambiar de localización a lo largo del año (Cartes, 1991). Esta especie ha sido objeto de numerosos estudios en las costas españolas, fundamentalmente en la zona comprendida entre el Golfo de Vera y el Cabo de Creus así como en las Baleares, especialmente en sus aspectos biológicos y pesqueros.

La distribución y abundancia de las especies están directamente relacionadas con las condiciones ambientales con que se encuentran. En nuestro caso estas condiciones podrían ser la profundidad, temperatura, salinidad, el grado de inclinación (pendiente) del talud continental (Cartes y Sardá, 1992; Cartes *et al.*, 1994; Sardá *et al.*, 1994) y la intensidad lumínica (Tobar y Sardá, 1992). Por otra parte su distribución espacial está directamente ligada con la geomorfología del sustrato, ya que su presencia está relacionada con la existencia de cañones submarinos en las proximidades (Demestre y Martín, 1993, Martínez-Baños, 1997), teniendo gran importancia la granulometría del sustrato, ya que, al ser una especie caracterizada por explotar recursos de tipo endobentónico de fondos fangosos (Cartes, 1991), tiende a localizarse en fondos de tipo arenoso-fangoso y fangoso, típicos del talud en zonas de hidrodinamismo poco acentuado. Ésta especie presenta movimientos estacionales característicos, llegando a desaparecer de amplias zonas durante ciertas épocas, debido, quizás, a intrusiones de masas de agua de distintas características a aquellas en las que normalmente desarrollan su actividad biológica, apuntándose la

posibilidad de la influencia de la circulación del Agua Profunda del Mediterráneo Occidental (WMDW) en los desplazamientos estacionales que muestra esta especie (Demestre y Martín, 1993). Por otra parte, fenómenos de “cascading” pueden conllevar la desaparición temporal de la especie en sus zonas de pesca habituales produciendo un colapso de la pesquería (Company *et al.*, 2008). Definida como una especie estenoterma y estenohalina su distribución también se ha relacionado con el Agua Intermedia Levantina (LIW) (García-Rodríguez, 2003; García-Rodríguez *et al.*, 2010). En este sentido, se ha observado que las hembras adultas están correlacionadas con la LIW, mientras que los machos adultos y los juveniles de ambos sexos lo están con la WMDW (Guijarro *et al.*, 2008). En Cerdeña, Sabatini *et al.* (2010), también relacionan su distribución con la LIW, pero en aguas más frías y de menor salinidad que las preferidas por *Aristeomorpha foliacea* (Risso, 1827), especie que se concentra en las zonas este y sur de la isla.

El área de estudio comprende los fondos situados entre cabo de Palos y el cabo de Creus y que constituyen la fachada Catalano-Levantina del Mediterráneo español (FAO-GFCM Geographic Sub Area 06, GSA 6), así como las Islas Baleares, que constituyen la GSA 5 (Fig. 1). Las muestras fueron recolectadas en el transcurso de sucesivas campañas primaverales de pesca de la serie MEDITS entre los años 2007 al 2011, a bordo del Cornide de Saavedra, siguiendo la metodología estándar internacional (Relini *et al.*, 2008). El arte de pesca empleado fue una red de arrastre de fondo GOC de 20 mm de luz de malla en el copo; el muestreo fue un aleatorio estratificado, en el que se consideraron cinco estratos de profundidad (0-50 m; 50-100 m; 100-200 m; 200-500 m y 500-800 m) siendo muestreados con una intensidad proporcional a sus superficies relativas. La geometría del arte fue controlada por un sistema SCANMAR y, paralelamente al arrastre, se recolectaron datos de profundidad, temperatura y salinidad por medio de una sonda CTD SBE-37 colocada en la boca de la red, lo que permite obtener datos “in situ” de las variables consideradas. Una vez procesada la muestra sus datos, junto con las características del muestreo, son introducidos en una base informática, obteniéndose los valores de abundancia y biomasa por área barrida, expresándose en individuos y kilogramos respectivamente por kilómetro cuadrado.

Sobre estos datos se realizó un análisis preliminar, obteniendo sus estadísticos descriptivos, analizando la correlación entre las distintas variables consideradas, tanto ambientales (profundidad, temperatura y salinidad) como poblacionales (abundancia, biomasa y talla media). Se determinó la existencia de diferencias en sus medias, entre las distintas GSAs muestreadas, mediante un

test t realizado sobre la transformación logarítmica de los valores. Seguidamente se realizaron una serie de análisis por medio de Modelos Lineales Generalizados (GLM) al objeto de modelar la respuesta de las variables poblacionales, transformadas a $\text{Ln} + 1$, valorando las relaciones de los diferentes factores (año y GSA) y variables ambientales (temperatura, salinidad y profundidad) por medio de regresiones múltiples. La normalidad de la variable respuesta transformada fue contrastada por medio de un test de Kolmogorov-Smirnov y se aplicó un modelo sencillo sin interacciones con una función de unión de identidad:

$$\text{Ln}(\text{BIOMASS}_{ijklm}) = \mu + Y_i + G_j + T_l + S_m + D_k + \epsilon_{ijklm}$$

donde: μ : media total; Y_i : efecto del año i ; G_j : efecto de la GSA j ; T_l : efecto de la temperatura l ; S_m : efecto de la salinidad m ; D_k : efecto de la profundidad k ; ϵ : error, asumido como de distribución normal.

Se realizó un análisis de la desviación para evaluar la significación de los factores y las variables en el modelo. La desviación representa la variación presente en los datos de forma similar a un ANOVA. En esta tabla cada variable muestra la variación de la respuesta explicada por cada término. Estos análisis fueron realizados usando el S-PLUS software (MathSoft, Seattle, WA, USA).

Durante el periodo considerado, 2007-2011, se recogieron en el área de estudio un total de 615 muestras en las que *A. antennatus* apareció sólo en 71 de ellas (12 %). La distribución geográfica de estas apariciones (Fig. 1) resulta muy amplia, aunque no puede considerarse restrictiva ya que, algunas zonas de presencia constatada de la especie como frente a Castellón (García-Rodríguez *et al*, 2007), no han podido ser muestreadas debido a limitaciones operativas (tiempo de disposición del barco).

Los principales estadísticos de las variables contempladas aparecen en la Tabla 1. En la zona de estudio, las variables abióticas (profundidad, temperatura y salinidad) muestran una alta correlación significativa entre ellas, estando la profundidad negativamente correlacionada con la temperatura y positivamente con la salinidad (García-Rodríguez *et al*, 2011). Por otra parte,

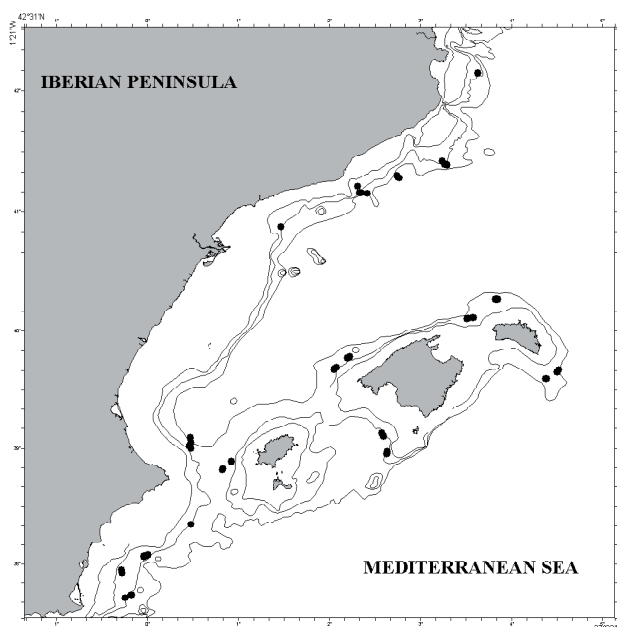


Figura 1. Localización de los puntos de aparición de *A. antennatus*.

las variables poblacionales (abundancia, biomasa y talla media) también lo están entre sí, siendo muy significativa la correlación abundancia-biomasa ($R^2=0.93$). Si bien el rango de profundidad de aparición de la especie puede ser considerado amplio (414 m), los rangos de temperatura y salinidad observados son muy estrechos y muy similares a los ya observados previamente en la zona (García-Rodríguez *et al*, 2011) lo que confirma el carácter estenotermo y estenohalino de la especie. Las variaciones de biomasa durante el periodo de muestreo no resultan significativas. Si comparamos las medias y varianzas (t-test) de las distintas variables entre las dos GSAs muestreadas (Fig. 2), vemos que las diferencias en las medias obtenidas en las variables ambientales resultan significativas, mientras que las de las variables poblacionales no muestran diferencias significativas entre sí.

Tabla 1. Principales valores estadísticos de las variables abióticas consideradas (profundidad, temperatura y salinidad) así como de las variables poblacionales (abundancia, biomasa y talla media) de las muestras donde apareció *A. antennatus*.

GENERAL						
	PROFUNDIDAD (m)	TEMPERATURA (° C)	SALINIDAD (0/00)	ABUNDANCIA (n/Km ²)	BIOMASA (kg/Km ²)	T. MED (mm)
Min	405.0	12.89134102	38.46708418	11.432	0.183	24.8
Max	818.9	13.29375480	38.53991380	2536.554	33.622	42.4
Media	655.9	13.05773859	38.49437418	788.075	12.097	33.0
(± SD)	80.4	0.11310494	0.01699503	629.061	8.631	3.9
Rango	413.9	0.40241378	0.07282962	2525.122	33.439	17.6

Ampliando el análisis a los cuatro sectores estudiados, Baleares Este y Oeste (Menorca-Mallorca), Levante (Sur del Ebro) y Cataluña (Norte del Ebro) observamos que las diferencias significativas en las variables ambientales se localizan entre los sectores Este y Oeste de Baleares, mostrando medias más altas en todas las variables, excepto profundidad, en la zona de Menorca que en Mallorca, mientras que en el talud Peninsular

las diferencias entre sectores no son significativas, resultando las medias significativamente menores en profundidad y mayores en temperatura y salinidad que las de las Baleares. Por tanto, las variables ambientales nos indican una zona más o menos homogénea en el talud peninsular y otras dos zonas en Baleares, con diferencias no significativas entre ellas, quizá debidas a la presencia de estructuras de mesoescala en la zona (López-Jurado

et al, 2008). Con respecto a las variables poblacionales, en la época de muestreo, muestran una homogeneidad poblacional bastante uniforme, con pequeñas diferencias no significativas entre las dos zonas de Baleares.

Los resultados del GLM (Tabla 2) nos muestran que el modelo general explica un 24% de la variabilidad observada, con la salinidad (8%) y la temperatura (5%) como las variables mas explicativas y significativas ($p < 0.05$), y mostrando además una

alta linealidad con la variable respuesta (Fig. 3). El factor tiempo (año) muestra pequeñas variaciones no significativas, mientras que el factor espacial (GSA), a pesar de mostrar diferencias entre GSAs, tampoco resulta significativo. La profundidad que, debido a su alta correlación con las variables temperatura-salinidad, ha sido colocada en último término para evitar enmascaramientos con ellas, muestra una moderada linealidad con la variable respuesta no resultando significativa.

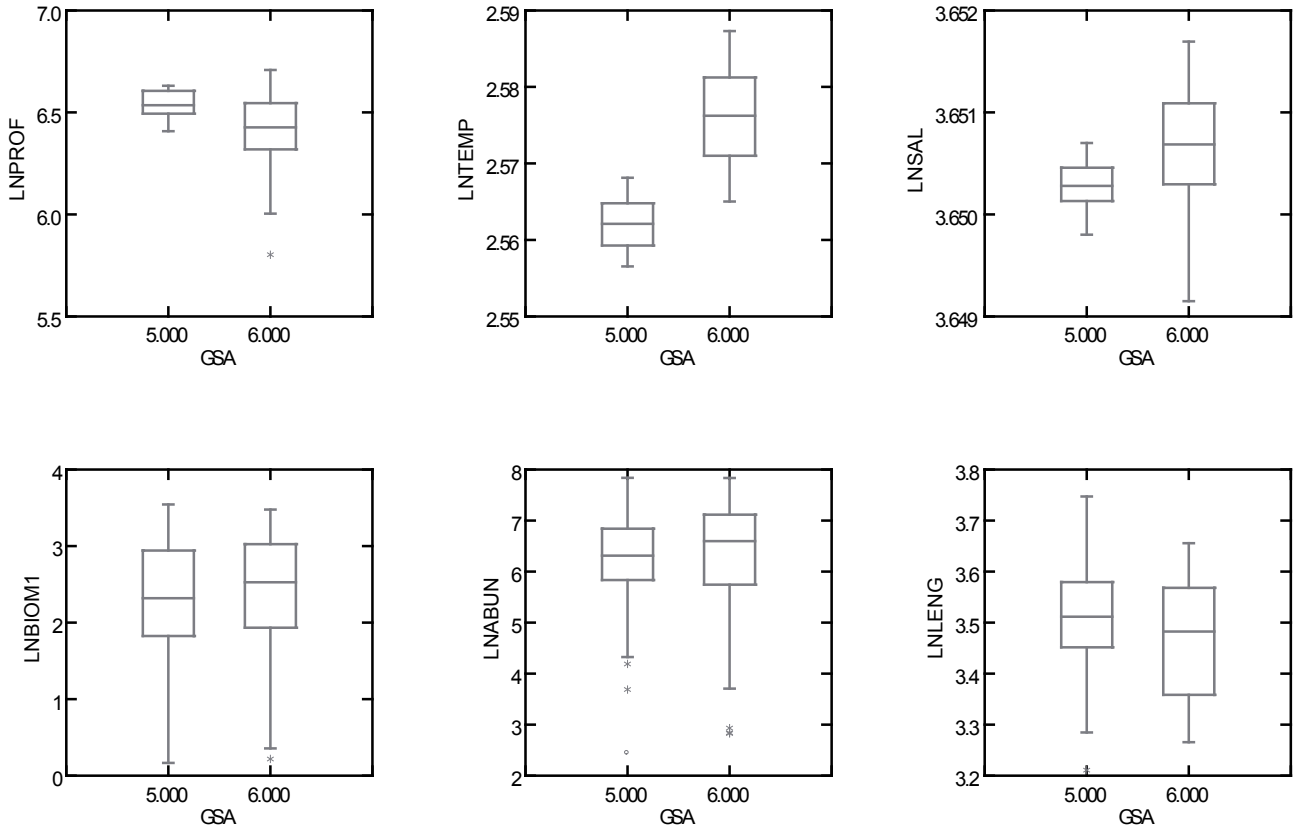


Figura 2. Diagramas de caja de las distintas variables estudiadas, tanto las ambientales (profundidad, temperatura y salinidad) como las poblacionales (abundancia, biomasa y talla media); las medias de las variables ambientales resultaron ser significativamente diferentes entre GSAs.

Tabla 2. Resultados del análisis GLM de las variables consideradas, con la biomasa como respuesta, y mostrando la desviación explicada para cada variable y su significación.

	DEVIANCE RESID.	DF	RESID. DEV	% DEV.	F VALUE	PR (F)
	NULO	70	55.14784			
AÑO	3.224992	66	51.92285	5.85	1.186903	0.3254299
GSA	0.049764	65	51.87309	0.09	0.07326	0.7875474
TEMPERATURA	2.895868	64	48.97722	5.25	4.263099	0.0431378
SALINIDAD	4.624174	63	44.35304	8.39	6.807394	0.0113637
PROFUNDIDAD	2.237247	62	42.1158	4.06	3.293522	0.0743916
TOTAL (%)				23.63		

Los resultados obtenidos sugieren que, durante la primavera, la distribución de *A. antennatus* en las zonas de estudio es muy estable a lo largo del tiempo y su población está repartida por el talud, tanto peninsular como insular, con características muy homogéneas entre sí, con pequeñas variaciones no significativas entre las islas Baleares. La especie se distribuye entre los 400 y 800 m de profundidad en el talud peninsular, y entre los 600 y 750 m en el de las Baleares. Las diferencias encontradas entre las zonas peninsulares e insulares fundamentalmente en el rango de distribución en profundidad, más amplio en la península que en Baleares, puede atribuirse a circunstancias hidrológicas, como la formación durante la época de muestreo de una amplia zona de surgencia (upwelling) en el talud peninsular (Bakún and Agostini, 2001) que permitiría el acceso de la especie a fondos más someros de los habituales, mientras que en las Baleares la existencia de estructuras de mesoescala (López-Jurado *et al.*, 2008) reforzadas con fenómenos de hundimiento de masas de agua (downwelling) (Bakún and Agostini, 2001) mantendrían a las poblaciones

confinadas en profundidades mayores. En cualquier caso, los estrechos rangos mostrados por la temperatura (0.4024 °C) y la salinidad (0.07284 psu) en la zona estudiada, refuerzan el carácter estenotermo y estenohalino de la especie. Las características medias de las variables ambientales encontradas en las masas de agua las caracterizan como pertenecientes a Agua Intermedia Levantina (LIW) especialmente en sus valores locales (López-Jurado *et al.*, 2008), lo que liga a la distribución de esta especie, en el rango de profundidad estudiado, a las fluctuaciones de ésta masa de agua. Por debajo de los 800 m, profundidad no muestreada en este trabajo, se ha observado que los machos adultos y los juveniles de ambos sexos están relacionados con la WMDW (Guijarro *et al.*, 2008). Si bien la distribución de las variables poblacionales es bastante homogénea, se observa una clara tendencia a aumentar los valores de abundancia y de biomasa conforme disminuye la temperatura y aumenta la salinidad, siendo éstas variables y especialmente la salinidad las que más afectan a la distribución de la biomasa de la especie.

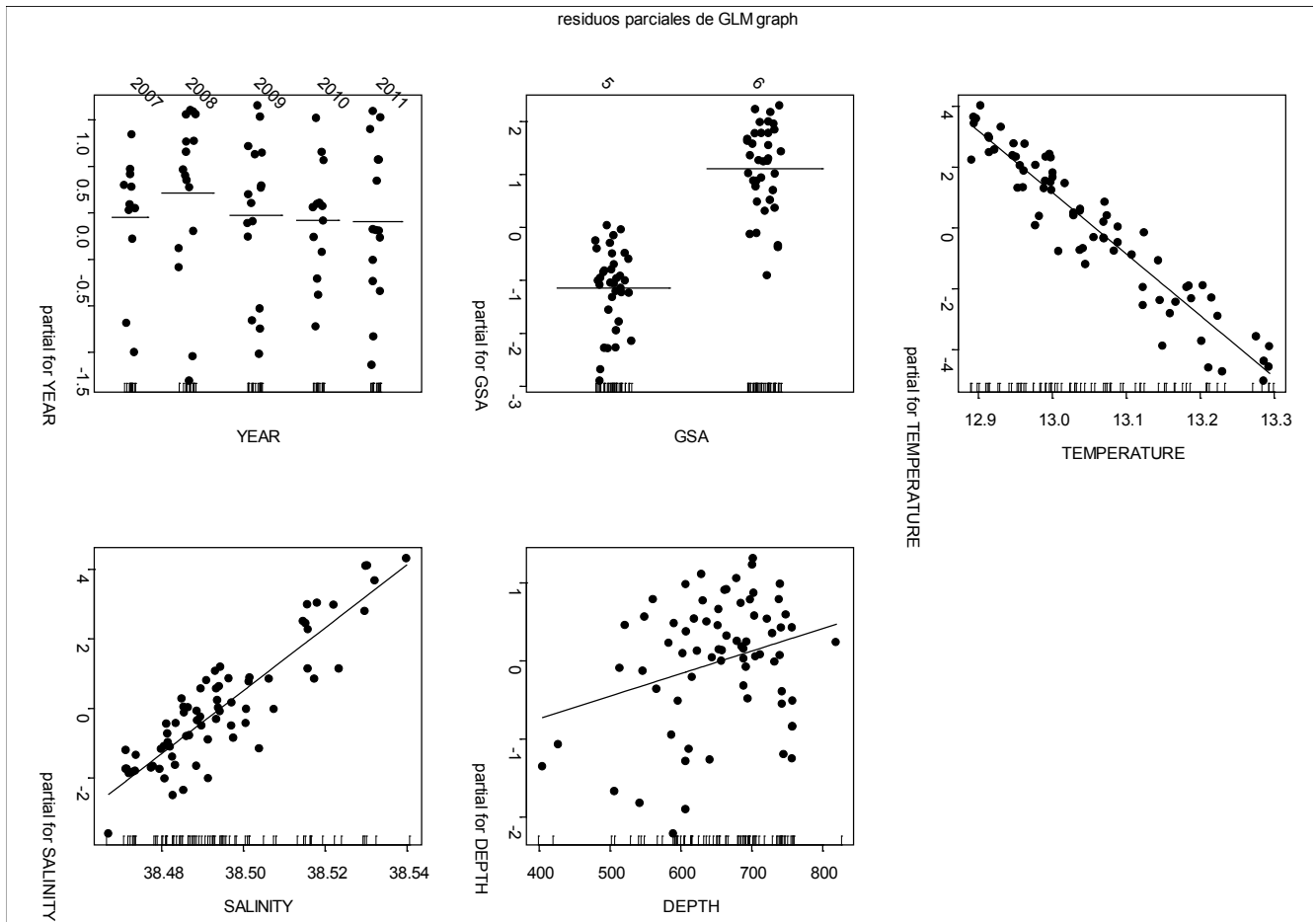


Figura 3. Gráficas de los residuos parciales de las variables en el modelo general para *A. antennatus*. Los puntos se corresponden con los valores observados de biomasa, y su línea de regresión ajustada, con respecto a cada variable.

Bibliografía

- Bakún A., Agostini V. N., 2001. Seasonal patterns of wind-induced upwelling/downwelling in the Mediterranean Sea. *Scientia Marina*, 65 (3): 243-257.
- Cartes, J.E. 1991.- *Análisis de las comunidades y estructura trófica de los crustáceos decápodos batiales del Mar Catalán*. Ph.D. thesis, University of Barcelona, 627 pp.
- Cartes, J.E. y Sardá, F. 1992.- Abundance and diversity of decapod crustaceans in the deep Catalan Sea (western Mediterranean). *J. Nat. Hist.*, 26, 1305-1323.
- Cartes, J.E., Company, J.B., Maynou, F., 1994. Deep-water decapod crustacean communities in the Northwestern Mediterranean: influence of submarine canyons and season. *Marine Biology* 120, 221–229.
- Company JB., Puig P., Sarda F., Palanques A., Latasa M., Scharek R., 2008. Climate Influence on Deep Sea Populations. PLoS ONE 3(1): e1431. doi:10.1371/journal.pone.0001431
- Demestre, M. y Martín, P., 1993. Optimum exploitation of a demersal resource in the western Mediterranean: the fishery of the deep-water shrimp *Aristeus antennatus* (Risso, 1816). *Scientia Marina*, 57(2-3): pp 175-182.
- García Rodríguez, M.. 2003. Characterisation and standardisation of a red shrimp (*Aristeus antennatus*, Risso, 1816) fishery off the Alicante Gulf (S.E. Spain). *Scientia Marina* 67(1). pp. 63-74
- García-Rodríguez, M., J. L. Pérez Gil, J. Peña y R. Sáez, 2007. Resultados de una prospección comercial al arrastre de fondo en una zona no explotada del talud continental, junto a las Islas Columbretes (Castellón, este de la península ibérica). *Inf. Téc. Inst. Espa. Oceanog.* 187. 52 pp.
- García Rodríguez, M., A. Fernández, and A. Esteban. 2010. Influence of abiotic factors in the biomass of deep water shrimps, *P. longirostris* and *A. antennatus*, off Catalano-Levantine Mediterranean coast of Spain. *Rapp. Comm. inter. Mer Médit.* (39): 524.
- García Rodríguez, M., A. Fernández, and A. Esteban, 2011. Biomass response to environmental factors in two congeneric species of Mullus, *M. barbatus* and *M. surmuletus*, off Catalano-Levantine Mediterranean coast of Spain: a preliminary approach. *Animal Biodiversity and Conservation*. 34 (1), 113-122.
- Guijarro B., Massutí E., Moranta J., Diaz P, 2008. Population dynamics of the red shrimp *Aristeus antennatus* in the Balearic Islands (western Mediterranean): Short spatio-temporal differences and influence of environmental factors. *Journal of Marine Systems* 71 (2008) 385–402.
- Holtius, L.B., 1987.- Crevettes. In: *Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Mediterranee et mer Noire. Zone de peche 37*. Vol. 1. Vegetaux et invertébrés. Eds. W. Fischer, M-L. Bauchot et M. Scheider. Pp: 189-319.
- López-Jurado J.L., Marcos M., Monserrat S., 2008. Hydrographic conditions affecting two fishing grounds of Mallorca island (Western Mediterranean): during the IDEA Project (2003–2004). *Journal of Marine Systems* 71 (2008) 303–315.
- Martínez-Baños, P. 1997.- *Dinámica de poblaciones de la gamba *Aristeus antennatus* (Crustacea, Decapoda) en las zonas de Murcia, Almería e Ibiza. Análisis global en el Mediterráneo Español*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
- Relini, G., Carpenteri, P. and Murenu, M. (Eds). 2008. Manuale di istruzioni Medits. *Biologia Marina Mediterranea*, 15 (2): 1-78.
- Sabatini A., Matta G., Palmas F. and Pendugiu A. A., 2010. Geographical and bathymetrical distribution of red shrimps in sardinian waters related to environmental conditions. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 39. pp: 653.
- Sardá, F., J.E. Cartes y W. Norbis. 1994. Spatio-temporal structure of the deep-water shrimp *Aristeus antennatus* Risso, 1816 (Decapoda: Aristeidae) population in the Western Mediterranean. *Fishery Bulletin* NOAA, 92 (3): 599-607.
- Tobar, R. y Sardá, F. 1992.- Annual and diel light cycle as predictive factor in deep-water fisheries for the prawn *Aristeus antennatus* Risso, 1816. *Fisheries Research*, 15: 169-179.

Datos preliminares sobre la biología de *Engraulis encrasicolus* (Osteichthyes: Clupeiformes: Engraulidae) en las Islas Canarias

V. García-Martín, D. Hernández-Castro, E. Capote, J.A. González y J.G. Pajuelo

El estudio tiene como finalidad dar a conocer la biología de la anchoa (boquerón o longorón), *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758), en aguas de Canarias. Se trata de una especie altamente migratoria, de crecimiento rápido y aparición ocasional en la mayor parte del Archipiélago. Esta especie presenta un alto interés pesquero y un enorme valor ecológico, por lo que es de suma necesidad conocer los parámetros biológicos de la especie en estas aguas.

Se muestrearon un total de 4225 ejemplares de longorón obtenidos de capturas efectuadas por barcos cerqueros artesanales en aguas de Gran Canaria entre abril y diciembre de 2011. Como talla de referencia de los ejemplares se consideró la longitud total (mm), por sus implicaciones en la regulación pesquera. En una submuestra representativa (n =1735) de todas las clases de talla, adicionalmente se tomó el peso eviscerado y el peso gonadal (0,01g), se determinó el sexo y el estado de madurez sexual a nivel macroscópico (escala de 5 puntos) y se extrajeron y conservaron gónadas (en formol tamponado al 4%) y otolitos (en seco). Se llevó a cabo un análisis histológico gonadal en individuos superiores a 55 mm, debido a que los inferiores a esta medida fueron considerados indeterminados microscópicamente. El estudio de la histología gonadal confirmó la tipología sexual establecida por asignación visual del sexo y la estrategia reproductora, verificándose los estados de madurez sexual asignados de visu. Los otolitos permanecen conservados para realizar el estudio del crecimiento. A fin de comprobar o descartar que la población de Canarias sea la misma que la de las vecinas aguas de Marruecos (región de Agadir), se realizó un análisis merístico basado en el número de radios blandos de las aletas dorsal, pelviana, pectoral y anal, y en el número de branquiaspinas en el lóbulo inferior del primer arco branquial.

La talla de los individuos de la muestra total osciló entre 41 y 146 mm. De los 1634 individuos examinados microscópicamente, correspondientes a los boquerones superiores a 55 mm, 745 (45,46 %) fueron machos y 889 (54,54 %) hembras. Los machos variaron entre 55 y 140 mm y las hembras desde 55 hasta 146 mm. Se observaron diferencias significativas entre la talla media de machos (86,33 mm) y hembras (89,77 mm) (*t*-test, *t*=-3,332; *P*<0,0001). La relación talla-peso para todos

los individuos es descrita por los parámetros: $a=0,00000358$ y $b=3,122$; el coeficiente de alometría analizado mediante el test-*t* de Student puso de manifiesto que los machos presentaron una relación isométrica, sin embargo las hembras y el total de ejemplares mostraron una relación alométrica positiva ($t>t_{0,05}$, $n-2>500=1,98$). La tipología sexual observada fue gonocorismo. El valor de sex-ratio es de 1 macho por cada 1,19 hembras, observándose diferencias significativas con la relación teórica 1:1 (Pearson χ^2 -test, $\chi^2=12,69 > \chi^2_3=3,84$; *P*<0,0001). Se observó actividad reproductora en ambos sexos durante todos los meses muestreados, donde los valores medios del IGS fueron altos (entre 2 y 4) con un máximo en julio (IGS cercano a 7 en hembras). La talla media de primera madurez sexual (Lm_{50}) en machos y hembras fue 90 y 83 mm respectivamente. La talla media de madurez masiva (Lm_{95}) en machos y hembras fue 128 y 110 mm respectivamente. No se observaron diferencias significativas en el número medio de radios en ninguna de las aletas entre las muestras de Canarias y sur de Marruecos, *n*=52 y *n*=96 respectivamente, ni en el número medio de branquiaspinas (*t*-test, *P*>0,1). El rango del número de radios de las aletas y del número de branquiaspinas no mostraron diferencias significativas entre Canarias y Marruecos (*Z*-test de Kolmogorov-Smirnov, *P*>0,1).

Como acciones de investigación inmediatas para completar este estudio, se hace necesario analizar las muestras de los tres meses siguientes (enero a marzo de 2012) con el objetivo de analizar, como mínimo, un ciclo anual completo que permita verificar los resultados obtenidos y realizar el estudio del crecimiento. Además, se estima oportuno comparar genéticamente las muestras de Canarias y Marruecos para determinar si forman parte o no de la misma población, dado que no se puede descartar, de momento, la llegada de individuos de esta especie, en fase larvaria o adulta, desde la costa noroeste-africana hasta Canarias por medio de filamentos originados en los procesos de up-welling.

Stable isotopes and trophic position of commercially exploited Mediterranean littoral fishes

Salud Deudero^a, Ariadna Tor^{a*}, David Díaz^a, Sandra Mallol^a and Raquel Goñi^a

Stable carbon and nitrogen isotopes signatures have been determined for littoral fishes from the Balearic Islands and Columbretes Islands MPA (NW Mediterranean) for trophic assessment. With the aim of investigating the aspects of fish feeding and to compare trophic levels between locations subject to different protection status, four species of fishes associated to by-catch in the Spanish lobster fishery were analyzed (*Phycis phycis*, *Raja polystigma*, *Scorpaena scrofa* and *Zeus faber*). The sampling was performed during summer 2009, in two locations in Columbretes Islands MPA, one where fishing is forbidden and another where it is permitted; and two locations in the Balearic Islands, Cala Ratjada (Mallorca) and Ciutadella (Menorca). Variation in the isotopic composition was examined at multiple levels: individual organism, individual populations and at area effects (different locations) with a distance based permutational analysis of variance (PERMANOVA). When analysing spatial differences, all fish species exhibited significant differences in both $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ for the pairwise test Columbretes- Cala Ratjada, and Columbretes- Ciutadella. Fish specimens from Columbretes showed an enrichment in $\delta^{13}\text{C}$ ranging from 0.7 ‰ to 1.77 ‰ compared to Cala Ratjada specimens, and between 1.55 ‰ and 1.82 ‰ compared to those from Ciutadella. For $\delta^{15}\text{N}$, the amount of enrichment was very similar, with Columbretes specimens showing a mean enrichment between 1 to 1.6 ‰ compared to Cala Ratjada specimens and from 1 ‰ to 1.75 ‰ compared to Ciutadella specimens. In relation to the protection status, *S. scrofa* and *Z. faber* showed a slight enrichment in both carbon and nitrogen and a higher trophic level between samples from Columbretes Islands and Cala Ratjada ($p < 0.05$), suggesting that both species from Columbretes occupy a higher trophic position compared to specimens from Cala Ratjada. These significant differences also appeared when we compared samples inside the protected area and outside the protected area within Columbretes Island MPA. Regarding trophic level, the majority of fishes appeared to occupy a trophic level between 3.01 and 4.22 with a mean value of 4.08 for fish from Columbretes Islands, 3.51 for those from Cala

Ratjada and 4.2 for those from Ciutadella. The results highlighted the potential of carbon and nitrogen stable isotopes to gain extra insights into the functioning of marine ecosystems, and in particular in elucidating trophic relationships.

^a Instituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Baleares, Muelle de Poniente s/n, 07015, Palma

^b email: ariadna.tor@ba.ieo.es

Caracterización morfológica de vértebras en 6 especies de gadiformes mediterráneos y su aplicación en estudios de ecología trófica

Manuel Juan Mota, Lluís Gimeno, Javier Guallart

La caracterización de restos esqueléticos de peces resulta de gran utilidad en estudios de ecología trófica de especies ictívoras. Estos son hallados a menudo en los contenidos estomacales y su identificación permite determinar las especies de presas consumidas.

El objetivo del presente trabajo es realizar con este fin una descripción comparativa de las vértebras de 6 especies de peces gadiformes mediterráneos: *Merluccius merluccius* (Merlucciidae) y *Micromesistius poutassou* (Gadidae), *Phycis blennoides*, *Phycis phycis*, (Phycidae), *Molva dypterygia* (Lotidae) y *Mora moro* (Moridae).

Los ejemplares estudiados proceden de pescas realizadas por barcos de arrastre en el Golfo de Valencia (Mediterráneo occidental).

La extracción del esqueleto se realizó mediante cocción suave utilizando un horno microondas, el cual permite la separación de la masa carnosa sin apenas desarticular las piezas esqueléticas. Posteriormente se realizó una limpieza minuciosa de cada una de las vértebras y fueron fijadas y conservadas en formalina tamponada.

La columna vertebral fue separada en su conjunto, registrando en cada el ejemplar el número total de vértebras

Se han distinguido 6 regiones en la columna vertebral con fines descriptivos: atlas, abdominales iniciales, abdominales finales, caudales iniciales, caudales finales y urostilo.

Los rasgos morfológicos de las vértebras analizados principalmente son la forma, tamaño y orientación de las apófisis dorsales y ventrales, la presencia de foramen neural y espinal, el tamaño y la morfología de las espinas hemales, espinas neurales y del centrum.

Se han hallado diferencias a nivel específico entre la morfología de las vértebras en cada una de las regiones. El atlas es una de las vértebras más características en este sentido. Las vértebras abdominales presentan marcadas diferencias sobre todo para algunas especies como *Merluccius merluccius*, que presenta una morfología muy característica en sus espinas hemales. Las vértebras caudales presentan diferencias sobre todo en cuanto a la orientación y tamaño

de las apófisis. Por su parte el urostilo es asimismo característico para algunas especies como *Molva dypterygia*, en que tiene un tamaño muy reducido y forma alargada.

Sin embargo la utilidad de cada tipo de vértebra en la identificación de restos de los contenidos estomacales está influida tanto por su resistencia a la digestión como por el hecho de que habitualmente los esqueletos se hallan desarticulados. En este sentido, por ejemplo el urostilo presenta escasa utilidad. En cambio las vértebras caudales iniciales como finales presentan características de mucha mayor utilidad.

Se presenta una tabla en la que sintetizan las diferencias entre las diferentes especies, ser utilizadas para la identificación específica de restos hallados en los contenidos estomacales.

Nuevos datos biométricos y descripción del otolito *sagitta* de *Physiculus cyanostrophus* (Osteichthyes: Gadiformes: Moridae) en las Islas Cabo Verde

Triay, R.^a, O. Tariche^b, T. González-Herrera^a, C. Monteiro^b, J.I. Santana^c, A. Martins^b, V. García-Martín^a, D. Hernández-Castro^a, E. Capote^a, S. Jiménez-Martín^a, M. Romero-Esparrach^a, J.A. González^{a,c} & J.G. Pajuelo^{a,c}

Este estudio forma parte de los proyectos PROACTIVA 1-2 (2009-2012) de cooperación transnacional para el desarrollo, subvencionados por la Dirección General de Relaciones con África del Gobierno de Canarias.

La descripción morfológica de una especie, basada en características morfométricas y merísticas, es fundamental para su correcta identificación. La descripción de una especie será más precisa cuanto mayor sea el rango de tallas de los individuos estudiados, puesto que sus caracteres morfológicos suelen variar en función de la edad (crecimiento) de los ejemplares. En este sentido, en la literatura apenas existe información descriptiva de *Physiculus cyanostrophus* Anderson & Tweedle, 2002 (Osteichthyes: Gadiformes: Moridae), más allá de su descripción original (12 ejemplares de Angola) y de su primera cita (3 ejemplares) para Cabo Verde (González et al., 2010).

Esta especie epibentónica forma parte del by-catch de interés comercial de la futura pesquería cabo-verdiana de camarón soldado (*Plesionika edwardsii*), mediante tren de nasas camaronerías semi-flotantes (operan a casi 3 m sobre el fondo), entre 100 y 300 m de profundidad. Por esta razón, hemos emprendido el estudio morfológico y biológico de la especie.

Se han analizado un total de 158 ejemplares del *Ph. cyanostrophus* obtenidos durante el transcurso de las campañas Cabo Verde 2010-04 y Cabo Verde 2012-02 a bordo de los Buques Oceanográficos “Profesor Ignacio Lozano” del ICCM y “Sinagoga” del INDP respectivamente, operando con nasas bentónicas y epibentónicas en un intervalo de 96 a 304 m de profundidad. Las medidas en mm y los recuentos en los ejemplares siguen los criterios establecidos por Paulin (1989) y Trunov (1989).

El estudio morfométrico del material examinado en laboratorio ha abarcado un rango de tallas entre 139 y 348 mm de longitud total (longitud máxima observada en la especie) y entre 125 y 317 mm de longitud estándar (LS). Expresados como porcentaje de LS: longitud cefálica LC (19,6-25,1), longitud del hocico (4,6-

6,0), diámetro ocular (4,2-6,7), longitud de la aleta pectoral (15,3-21,6), altura corporal a nivel de la primera aleta dorsal (16,2-22,8) y distancia interorbitaria (4,5-6,0). Expresados como porcentaje de LC: longitud del hocico (16,4-28,7), diámetro ocular (18,8-25,8), distancia interorbitaria (21,0-25,4) y longitud de la barbilla mental (3,2-7,4). La distancia entre el órgano luminoso (ol) y el ano (A) se han expresado como porcentaje de la distancia entre la línea inter-ventral (LiV) (a nivel del inicio de las aletas ventrales) y el inicio de la aleta anal (aa), es decir, LiV-aa: LiV-ol (30,0-43,7), ol-A (13,1-23,9). Un total de 38 ejemplares (el 20,3%) han presentado la aleta caudal seccionada y regenerada.

El estudio merístico ha ampliado significativamente los rangos de las variables recontadas en los trabajos de Anderson & Tweedle (2002) y González et al. (2010). Fórmulas radiales: primera aleta dorsal, 7-9; segunda dorsal, 64-73; anal, 65-82; pectoral, 19-26; ventral, 5-7; aleta caudal, 22-28. Branquispinas en el primer arco branquial: 3-4 superiores, 9-11 inferiores, 12-15 totales. Radios branquiostegos, 7. Escamas: serie longitudinal, 121-134; serie oblicua (entre la base de la aleta dorsal y la línea lateral), 8. Número de ciegos pilóricos, 11. Fórmula vertebral, en estudio a partir de radiografías.

Se ha verificado que los otolitos *sagitta* izquierdo y derecho de esta especie son subiguales en todos los individuos. De acuerdo con las características propuestas por Tuset et al. (2008), se ha descrito la morfología de la *sagitta*. Otolito de contorno sagitifórmate. *Sulcus acusticus* heterosulcoidal, posicionado en la línea longitudinal del otolito con *cauda* y *ostium* bien diferenciados; la primera ampliamente en el margen del otolito y el segundo cerrado. *Ostium*, menor que la *cauda*, largo y elíptico con una terminación muy próxima al margen anterior. *Cauda* en forma de embudo y ligeramente convexa. Región anterior ligeramente puntiaguda. Región posterior muy puntiaguda, con *postrostrum* largo, estrecho y puntiagudo y *antipostrostrum* corto, estrecho y puntiagudo. *Excisura caudalis* con una muesca profunda y aguda. Se aportará la primera fotografía del otolito de la especie para la ciencia.

Referencias

- Anderson M.E. & D. Tweedle (2002) - A new species of *Physiculus* (Teleostei: Moridae) from the southeastern Atlantic. *Arch. Fish. Mar. Res.*, 50 (1): 17-22.
- González, J.A., O. Tariche, J.I. Santana, A.M. García-Mederos, V.M. Tuset, S. Jiménez & M. Biscoito (2010) - The family Moridae (Gadiformes) from the Cape Verde Islands (eastern-central Atlantic Ocean), with first record of *Physiculus cyanostrophus*. *Cybiurn*, 34 (2): 217-221.

^a Grupo de Ecología Marina Aplicada y Pesquerías, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) (raul@biologiapesquera.org).

^b Instituto Nacional de Desenvolvimento das Pescas (INDP) de Cabo Verde.

^c Grupo de Biología Pesquera, Instituto Canario de Ciencias Marinas (ICCM-ACIISI), Gobierno de Canarias.

- Paulin, C.D. (1989) - Review of the morid genera *Gadella*, *Physiculus*, and *Salilota* (Teleostei: Gadiformes) with descriptions of seven new species. *New Zealand J. Zool.*, 16: 93-133.
- Trunov, I.A. (1989) - Fishes of Moridae from the southeastern Atlantic Ocean (genera *Laemonema* Günther and *Mononatira* Paulin). *Vopr. Ikhtiologii*, 2: 179-185.
- Tuset V.M., A. Lombarte & C.A. Assis (2008) - Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. *Sci. Mar.*, 72S1: 8-204.

Aspectos de la biología de *Torpedo torpedo*, *Scorpaena scrofa*, *Mullus surmuletus*, *Uranoscopus scaber* and *Synaptura lusitanica*, de la costa de Cullera (Valencia, Sureste Ibérico, España)

Ángela-María Jaramillo-Londoño^a, Alejandra-Vanina Volpedo^b, María-Eugenia Rodrigo-Santamalia^c, Vicent Bendito-Durà^c

En el Mediterráneo, como en la gran mayoría de las zonas pesqueras del mundo, los recursos pesqueros vienen mostrando síntomas de agotamiento y sobrepesca y en muchos casos se conoce poco de la biología de las especies capturadas.

Este estudio se llevó a cabo en la bahía de Cullera (39° 12' a 38° 59' N, and 0° 09' a 0° 15' O) en donde se hicieron análisis sobre algunas especies de peces bentónicos que son pescadas comúnmente mediante pesca artesanal y trasmallo a una profundidad máxima de 30 m. El muestreo se realizó entre julio de 2004 y enero de 2006. Se analizó el estado de madurez, la edad y el crecimiento de 63 torpedos, *Torpedo torpedo* (L., 1758); 115 escorpas, *Scorpaena scrofa* (L., 1758); 280 salmonetes, *Mullus surmuletus* (L., 1758); 139 ratas, *Uranoscopus scaber* (L., 1758), y 476 lenguados tigre, *Synaptura lusitanica* (C., 1868). No obstante la gran cantidad de trabajos que tratan sobre la biología de multitud de especies de peces, destaca el hecho que no existen muchos trabajos sobre las especies elegidas para este estudio, aún cuando son peces de interés comercial. Únicamente *Mullus surmuletus* es la especie que cuenta con mayor información bibliográfica acerca de su biología.

La longitud total (LT) de las especies estudiadas osciló entre 8,9 y 44,2 cm. La longitud con respecto al sexo mostró diferencias significativas entre hembras y machos únicamente en *M. surmuletus* and *S. lusitanica*. La relación entre la talla y el peso fue idéntica para ambos sexos en todas las especies: $W=0,00002LT^{2,93}$ *T. torpedo*; $W=0,00003LT^{2,92}$ *S. scrofa*; $W=0,000004LT^{3,22}$ *M. surmuletus*; $W=0,000008LT^{3,15}$ *U. scaber*; y $W=0,000002LT^{3,26}$ *S. lusitanica*. Según los datos obtenidos en este estudio, el 50% alcanzaría la madurez sexual a una talla entre los 20 y 36,5 cm y una edad entre 2 y 6 años (36,5cm, *Torpedo torpedo*; 25 cm y 4 años, *Scorpaena scrofa*; 20 cm y 2 – 3 años, *Mullus surmuletus*; 23,5 cm y 3 años, *Uranoscopus scaber*, y 25 cm y 5 – 6 años, *Synaptura lusitanica*).

La mayoría de las especies tienen su período de maduración sexual y desove en los meses de primavera y comienzo del verano; excepto *T. torpedo* que se reproduce en invierno. Estas épocas coinciden con períodos de reclutamiento de juveniles, siendo además favorables en cuanto a la acumulación de reservas energéticas corporales.

Para la determinación de la edad se visualizaron los anillos de crecimiento de los otolitos mediante el conteo de las bandas hialinas y opacas, las cuales revelan una pauta diferencial anual que permite determinar la edad del pez. Adicionalmente, las relaciones entre la talla y la edad dan una idea de la curva de crecimiento seguida por la especie. El rango de edad para *S. scrofa* y *U. scaber* estaba entre 1 y 8 años, para *M. surmuletus* entre 1 y 4 años y para *S. lusitanica* entre 4 y 12 años.

Se calcularon los parámetros para la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy mediante análisis de regresión no lineal. La ecuación de crecimiento de von Bertalanffy para *S. scrofa* fue $LT=37(1 - e^{-(0,2(t + 0,33)})$; para *M. Surmuletus* fue $LT =31,5(1 - e^{-(0,38(t + 0,54)})$; para *U. Scaber* fue $LT =35,5(1 - e^{-(0,2(t + 2,08)})$; y para *S. Lusitanica* fue $LT =34,3(1 - e^{-(0,14(t + 2,16)})$.

Los parámetros biológicos estimados en este estudio pueden ser utilizados como herramienta para el análisis y evaluación del estado de los stocks pesqueros. Esta revisión indica que las especies estudiadas están siendo pescadas en tallas pequeñas con relación al crecimiento potencial de la especie. Hace falta ampliar los estudios acerca del stock de pesca, el reclutamiento y las épocas reproductivas, especialmente para *S. lusitanica*, *S. scrofa* y *U. scaber*; sin embargo, nuestros resultados apuntan a que debe revisarse la gestión de la actividad pesquera de las cinco especies que componen este estudio, con el objetivo de buscar la sostenibilidad del medio, los recursos y la actividad económica a largo plazo, mediante la implementación de una o varias figuras de gestión dentro de las que se encuentran: establecimiento de áreas marinas protegidas, medidas técnicas de conservación (vedas, mallas y tallas mínimas), limitaciones directas al esfuerzo de pesca (días de pesca, número de barcos) o indirectas (totales admisibles de captura y cuotas), planes de gestión y de recuperación, esquemas de compensaciones y estímulos a la retirada o cambio de técnicas.

^a UMB. Universidad Manuela Beltrán. Vicerrectoría de Investigaciones. Av. Circunvalar 60-00. Bogotá (Colombia) (angela.jaramillo@docentes.umb.edu.co)

^b Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA/INBA-CONICET), Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires, Av. Chorroarín 280, Ciudad de Buenos Aires (C1427CWO) República Argentina. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

^c D.I.H.M.A. Laboratorio de Ecología. Universidad Politécnica de Valencia. Cn de Vera s/n° 46071. Valencia (España) (vibedu@hma.upv.es)

Influence of permanent and intermittent streams discharges on the structure of fish communities of Melides and Sto. André lagoons, Southwest Portugal

Félix PM^a, Correia MJ^a, Chainho P^a, Cabral HN^{a,b}, Costa MJ^{a,b}, Costa JL^{a,c}, Cancela da Fonseca L^{d,e}

Melides and Santo André are small lagoons (0.4 and 2.5 km², respectively) located in the southwest coast of Portugal. Both systems are characterized by having small stream networks (63 and 96 km², respectively) contacting with the top detritic layer of Sines aquifer system and with a short annual connection period with the sea. Groundwater-dependent permanent streams that discharge in the Melides and Santo André lagoons are expected to have different geochemical and biological characteristics than runoff-dependent intermittent streams and consequently give different contributions to the lagoonal system. Water characteristics of areas outside the direct influence of both types of streams are also expected to be different. The aim of the present work was to investigate variations in the structure of fish communities of Melides and Santo André lagoons related with the presence of groundwater-dependent permanent streams and runoff-dependent intermittent streams. Samplings were conducted in two different periods (before and after connection of lagoons with the sea, in February and July 2011) and fishes captured using several fyke nets arrays at growing distances from the permanent and intermittent streams discharge points. Environmental characterization of the sampling areas was performed at the same time of fishing operations with measurements of depth, temperature, dissolved oxygen, salinity, electrical conductivity, transparency, total dissolved solids, pH, nutrients and chlorophyll a. Total organic content in the sediment and sediment grain size were also determined. A total of 3179 individuals of 17 different fish species were captured in both lagoons. The sea-bass *Dicentrarchus labrax*, the thin-lipped grey mullet *Liza ramada*, the Senegalese sole *Solea senegalensis*, the European eel *Anguilla anguilla* and the white sea bream *Diplodus*

sargus dominated these fish communities with more than 400 specimens captured in each case. Multivariate and univariate analysis revealed that fish communities' structure of both lagoons was more dependent of general environmental conditions than from the proximity of permanent or intermittent streams, although the distribution of species also varied according to the proximity to the sea, between more and less tolerant species, followed by opportunistic trophic associations. High motility of these animals certainly contributed to the observed results. Less mobile species, namely benthic invertebrates may produce better results in differentiating the influence of permanent or intermittent streams in lagoonal biodiversity.

^a Centro de Oceanografia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Campo 10 Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal
(main author: pmfelix@fc.ul.pt).

^b Departamento de Biologia Animal, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 16 Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal.

^c Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Campo Grande 376, 1749-024 18 Lisboa, Portugal.

^d Centro de Ciências e Tecnologias da Água, Universidade do Algarve. Campus 22 de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal.

^e Laboratório Marítimo da Guia/Centro de Oceanografia (FCUL), Av. N.º Sr.ª do Cabo, 24 939, 2750-374 Cascais, Portugal.

Population dynamics of European hake, *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758), in the Northwest Mediterranean

Andrea Massaro^a, Mario Sbrana^b, Paolo Sartor^b, Alessandro Ligas^b

The European hake, *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758), represents one of the most important demersal species in the Mediterranean Sea both for abundance and commercial value. This species is intensively exploited by professional fleets operating with different methods of fishing, such as bottom trawling and gill nets. In many areas, this exploiting pattern has led to situations of over-fishing, mainly due to the removal of juveniles.

The present work is aimed to study the biology and population dynamics of the European hake in order to assess the state of exploitation of the stock in the FAO-GFCM geographic sub-area 9 (GSA9), which extends from the Ligurian Sea to the central Tyrrhenian Sea. The data used for the study have been collected in the period 2007-2009 in the ambit of the EC Data Collection Framework from commercial fisheries and by means experimental trawl surveys (MEDITS). While, the monitoring of commercial fishing provides the main biological parameters of the species, as well as the demographic structure of catches obtained from different fishing gears, the trawl survey provides data to analyze the structure of the population, its abundance and spatial distribution through a standardized sampling design.

As concerns the biology of the species, several aspects have been tackled, such as reproduction (sex ratio, size at first maturity) and growth (size-weight relationship, age-size relationship, estimation of Von Bertalanffy growth parameters).

The sex ratio showed a trend as a function of size: while the ratio did not differ significantly from 1 at size less than 26 cm

TL (total length), individuals of larger sizes were represented almost totally by females. The size at first sexual maturity was respectively 23.7 cm TL and 31.1 cm TL for males and females. The length-weight relationship resulted positive allometric in both sexes. The parameters of the Von Bertalanffy Growth Curve (VBGF) were the following parameters: $L_{\infty} = 54.8$ cm; $k = 0.19$; $t_0 = -1.5$ for males and $L_{\infty} = 90.0$ cm; $k = 0.10$; $t_0 = -1.66$ for females.

Demographic structures derived from the analyses of both commercial catches and surveys and biological parameters were used to assess the state of exploitation of the stock. The analyses were carried out by means of population dynamics models such

as the cohort analysis (LCA) and the virtual population analysis (VPA), which estimates the decrease of a cohort due to both natural and fishing mortality. These models allowed to evaluate the effort that should be exerted on this resource to achieve the maximum sustainable yield (MSY), preserving the stock from the effects of overfishing.

The results showed that the European hake stock in the GSA9 is overfished; transition analysis, which simulate changes in fishing effort, showed an improvement in the state of the stock corresponding to the increase of mesh size combined with a general reduction of fishing effort.

References

- Abella A., Serena S., Ria M., 2005. Distributional response to variations in abundance over spatial and temporal scales for juveniles of European hake (*Merluccius merluccius*) in the Western Mediterranean Sea. *Sea. Fish. Res.* 71: 295-310.
- Abella J., Caddy F., Serena F., 1997. Do natural mortality and availability decline with age? An alternative yield paradigm for juvenile fisheries, illustrated by the hake *Merluccius merluccius* fishery in the Mediterranean. *Aquatic Liv. Res.* 10: 257-269.
- Abella J., Caddy F., Serena F., 1997 Estimation of the parameters of the Caddy reciprocal M-at-age model for the construction of natural mortality vectors. *Cah. Options Méditerran.*, 35: 191-200.
- Alemany F., Alvarez F., 2003. Determination of effective fishing effort on hake *Merluccius merluccius* in a Mediterranean trawl fishery. *Sci. Mar.*, 67(4): 491-499.
- Alvarez P., Cotano U., 2005. Growth, mortality and hatch-date distributions of European hake larvae, *Merluccius merluccius* (L.), in the Bay of Biscay. *Sea. Fish. Res.*, 76: 379-391.
- Artale V., Astraldi M., Buffoni G. e Gasparini G., 1994. Seasonal variability of gyrescale circulation in the Northern Tyrrhenian Sea. *Res.* 99(C7): 127-137.
- Arneri E., Morales-Nin B., 2000. Aspects of the early life history of European hake from the central Adriatic. *Journal of Fish Biology*, 56: 1368-1380.
- ARSIA, 2001. Realizzazione di indagini per la conoscenza e la valorizzazione delle attività di pesca e maricoltura in Toscana (realizzazione di mappe degli areali di pesca). Regione Toscana, Rapporto Finale.
- Astraldi M., Gasparini G., Vetrano A. e Vigunelli S., 2002. Hydrographic characteristics and interannual variability of water masses in the Central Mediterranean Region: a sensitivity test for the long-term changes in the Mediterranean. *Deep-Sea Res.*, I 49: 661-680.
- Astraldi M., Bianchi C.N., Gasparini G.P. e Morri C., 1995. Climatic fluctuations, current variability and marine species distribution: a case of study in the Ligurian Sea (North-West Mediterranean). *Oceanol. Acta*, 18(2): 139-149.
- Bertalanffy L. von, 1938. A quantitative theory of organic growth. *Hum. Biol.*, 10(2): 181-213.
- Bertrand J., De Sola G., Papaconstantinou C., Relini G. e Souplet A. (cord.), 1996. Campagne internationale de chautage demersal en Méditerranée (MEDITS). Campagne 1995. Rapport final, manuel des protocoles et

^a Universidad de Las Palmas de Gran Canaria – Las Palmas de Gran Canaria – Spain (andreamassaro@live.it)

^b CIBM – Centro Interuniversitario Biologia Marina – Livorno – Italy (msbrana@cibm.it, psartor@cibm.it, ligas@cibm.it)

- base de données. Rapport de contrat. *CEE-Ifremer-IEO-SIBM_NCMR* (MED 93/020, 018, 006, 004).
- Beverton R.J.H., 1963. Maturation, growth and mortality of clupeid and engraulid stocks in relation to fishing. *Rapp. P. - V. Rèun. CIEM*, 154: 44-67.
- Beverton R.J.H., 1964. Differential catchability of male and female plaice in the North Sea and its effect on estimate of abundance. *Cons. Perm. Int. Explor. Mer. Rapp. et P. - V.*, 155: 103-112.
- Beverton R.J.H., Holt S.J., 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. Rèun. CIEM*, 140: 67-83.
- Beverton R.J.H., Holt S.J., 1957. On the dynamics of exploited fish population. *Fishery Invest. London*, 19: 533 pp.
- Bianchi N.C. e Morri C., 1993. Range extension of warm water species in the Northern Mediterranean: evidence for climatic fluctuation. *Orcupine Newsletter*, 5(7): 156-159.
- Burgess G.H.O., 1980. Response to change: the influence of fish science and technology. In: J.J. Connel (eds.). *Advances in fish science and technology, Fishing News Books*, Farnham, pp. 4.
- Caddy J.F., 1993. Some future perspectives for assessment and management of Mediterranean fishery. *Sci. Mar.*, 57(3): 121-130.
- Cataudella S., Carrada G.C., 2000. Un mare di risorse. Introduzione alla conservazione ed alla gestione delle risorse ittiche. Consorzio Uniprom.
- Cohen D.M., Inada T., Iwamoto T., Scialabba N., 1990. FAO species catalogue. Vol. 10. Gadiform fishes of the world (Order Gadiformes). An annotated and illustrated catalogue of cod, hakes, grenadiers and other gadiform fish known to date. *FAO Fishery Synopsis No. 125*.
- Cook R., 1997. Stock trend in six North Sea stocks as revealed by an analysis of research vessel surveys. *ICES Mar. Sci.* 54: 924-933.
- De Ranieri S., 1979. La maturità sessuale nelle femmine di *Mullus barbatus* L. nell'alto Tirreno. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem.* 86: 378-382.
- FAO, 1999a. The state of world fisheries and aquaculture 1998. Rome.
- FAO, 1999b. Analysis of the vessels over 100 tons in the global fishing fleet. FAO Fisheries Circular No. 949, Rome
- FAO, 2002. The state of world fisheries and aquaculture 2002. FAO, Rome.
- FAO, 2003. Fishery management, the ecosystem based approach to fishery. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries 4/2/2003.
- FAO, 2005. Review of the state of world marine fishery resources. FAO Fish Tech Pap 457. FAO, Rome. Farrugio H., Oliver P., Biagi F., 1993. An overview of the history, knowledge, recent and future research trend in Mediterranean fisheries. *Sci. Mar.*, 57: 105-109.
- Fetersen J., 1903. What is Over-fishing? *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*; 6: 587-595. Francour P., 1991. Statut de *Centrostephanus longispinus* en Méditerranée. *Les espèces marines à protéger en Méditerranée*.
- C. Boudouresque, M. Avon e V. Gravez. ed. GIS Posidonie, Marseille: 187-202.
- García-Rodríguez M., Esteban A., 2002. How fast does hake grow? A study on the Mediterranean hake (*Merluccius merluccius* L.) comparing whole otoliths readings and length frequency distributions data. *Sci. Mar.*, 66 (2): 145-156.
- Garrod D.J., Knights B.J., 1979. Fish stocks: their life history characteristics and responses to exploitation. In: P.J. Miller (eds.). *Fish Phenology; Anabolic Adaptiveness in Teleosts. Symp. Zool. Soc. Lond.*, 44: 361-382.
- Goni R., Adlerstein S., Alvarez F., Garcia-Rodríguez M., Sanchez P., Sbrana M., Maynou F., Viva C., 2004. Recruitment indices of European hake, *Merluccius merluccius* (Linnaeus 1758), in the Northwest Mediterranean based on landings from bottom-trawl multispecies fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, 61: 760-773.
- Gulland J.A., 1965. Estimation of mortality rates. *Annex to Rep- Arctic. Fish. Working group, ICES CM 1965/3*: 9 pp.
- Hislop M.J., 1984. A comparison of the reproductive tactics and strategies of cod, haddock, whiting and Norway pout in the North Sea. *Fish reproduction*. Academic press Inc. Lon. Ltd.: 311-329.
- Holden M.J., Raitt D.F.S., 1974. Manual of fishery science. Part 2. Methods of resource investigations and their application. *FAO Fish. Tech. Pap.*, 115: 214 pp.
- Hopkins T., 1988. Recent observation on the Levantine Sea: evolution in the Southern Tyrrhenian Sea. *Oceano Acta*, 9: 41-50.
- Innamorati M., Lazzara L., Nuccio C., Mori G. e Massi L., 1995. Nutrienti, biomassa e produzione fitoplanctonica nell'alto tirreno toscano. Atti della Società Toscana di Scienze Naturali. Lo stato degli ecosistemi marini del tirreno toscano. Grafiche Pacini (Ed).
- IREPA, 2008. Osservatorio economico sulle strutture produttive della pesca marittima in Italia 2007. Franco Angeli (Ed.).
- IREPA, 2009. Osservatorio economico sulle strutture produttive della pesca marittima in Italia 2008. Franco Angeli (Ed.).
- IREPA, 2010. Osservatorio economico sulle strutture produttive della pesca marittima in Italia 2009. Franco Angeli (Ed.).
- Jackson B., 2001. Historical Overfishing and the Recent Collapse of Coastal Ecosystems. *Science*, 293 (5530): 629 – 637.
- King M., 1995. Fishery Biology, assessment and management. *Fishing News Books*, Osney Meas, Oxford, England.
- Knights B.J., (1979). Fish stocks: their life history characteristics and responses to exploitation. In: P.J. Miller (eds.). *Fish Phenology; Anabolic Adaptiveness in Teleosts. Symp. Zool. Soc. Lond.*, 44: 361-382.
- Ligas A., Belcari P., Bertolini D., Viva C., 2003. Growth of juveniles of european hake, *Merluccius merluccius*, L. 1758, in the northern Tyrrhenian Sea. *Biol. Mar. Medit.*, 10 (2): 853-855.
- Lleonart J., 1990. La pesqueria en catalana y valencia. Descripción global y planteamiento de bases para su seguimiento. *Informe Projecte EEC DG XIV. CSIC, Institut de Ciències del Mar, Barcelona, Spain*.
- Lloret J., Lleonart J., Solé I., 2000. Time series modelling of landings in Northwest Mediterranean Sea. *ICES J. of Mar. Sci.*, 57: 171-184.
- Lloret J., Lleonart J., 2002. Recruitment dynamics of eight fishery species in the northwestern Mediterranean Sea. *Sci. Mar.*, 66(1): 77-88.
- Lleonart J., Maynou F., 2003. Fish stock assessment in the Mediterranean: state of art. *Sci. Mar.*, 67: 37-49.
- Lleonart J., 2004. A review of the Mediterranean shared stocks assessment and management. *Management of Shared Fish Stocks*. Ed. AIL Payne, CM O'Brein e SI Roger Blackwell, Oxford.
- Maynou F., Lleonart J., Cartes J.E., 2003. Seasonal and spatial variability of hake (*Merluccius merluccius* L.) recruitment in the NW Mediterranean. *Sea. Fish. Res.*, 60: 65-78.
- Maynou F., Lleonart J. e Cartes J., 2003. Seasonal and spatial variability of hake (*Merluccius merluccius* L.) recruitment in the NW Mediterranean. *Fish. Res.*, 60: 65-78.
- Morales-Nin B., Aldebert Y., 1997. *Oceanogr. Literat. Rev.*, 44(9): 1040-1041.
- Murawski A., 2000. Definitions of overfishing from an ecosystem perspective. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 649-658.
- Oliver P., Massuti E., 1995. Biology and fisheries of western Mediterranean hake (*M. merluccius*). *Hake: Biology, Fisheries, Markets*. Ed. J. Ahleite T. Pitcher. *Fish and Fisheries Science*, 15. Chapman e Hall, London.
- Pauly D., 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, 39(3): 175-192.
- Pauly D., Christensen V., Dalsgaard J., Froese R. e Torres F., 1998. Fishing down marine food webs. *Science*, 279: 860-863.
- Pauly D., Christensen V. e Walters C., 2000. Ecopath, Ecosim e Ecospace as tools for evaluating ecosystem impact of fisheries. *ICES J. Mar. Sci.* 57: 597-606.
- Pauly D., Christensen V., Guénette S., Pitcher T., Sumaila U., Walters C., Watson R., Zeller D., 2002. Towards sustainability in world fisheries. *Nature*, 418: 689-695.
- Pauly D., Maclean J. 2003. In a perfect ocean: Fisheries and ecosystems in the North Atlantic. *Island Press*, Washington D.C. Pauly D., 2005. Global Fisheries and Marine Conservation: Is Coexistence Possible? Chapter 11, pp. 185-197, in *Norse and Crowder*.

- Pitcher T.J., Hart P.J.B., 1992. Chapman et Hall (eds.). *Fishery ecology*: 250-292.
- Pineiro C., Sainza M., 2003. Age estimation, growth and maturity of the European hake (*Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758)) from Iberian Atlantic waters. *Sci. Mar.*, 60: 1086-1102.
- Pope J.G., 1972. An investigation of the accuracy of Virtual Population Analysis using Cohort Analysis. *Int. Commn. Northwest Atl. Fish. Res. Bull.*, 9: 65-74.
- Recasens L., Lombarte A., Morales-Nin, Torres G.J., 1998. Spatiotemporal variation in the population structure of the European hake in the NW Mediterranean. *Journal of Fish Biology* 53, 387-401.
- Recasens L., Chiericoni V., Belcari P., 2008. Spawning pattern and batch fecundity of the European hake (*Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758)) in the western Mediterranean. *Sci. Mar.*, 72 (4).
- Rätz H., Cheilari A., Lleonar J., 2010. On the performance of fish stock parameters derived from VIT pseudo-cohort analysis. *Sci. Mar.*, 74(1): 155-162.
- Ricker W.E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. *Bull. Fish. Res. Board Can.*, 191: 382 pp.
- Rivard D., 1993. Reference point for fishery management: the eastern Canadian experience. p 31-57 in Smith J., Hunt J., Rivard D., *Risk evaluation and biological reference points for fisheries management*.
- Roldan M.I., Garcia-Marin J.L., Utter F.M., Pla C., 1998. Population genetic structure of European Hake, *Merluccius merluccius*. *Heredity*, 81: 327-334.
- Russell E., 1931. Some theoretical Considerations on the "Overfishing" Problem. *J. Cons. int. Explor. Mer* (1931) 6 (1): 3-20.
- Sabatès A., Martin P., Lloret J., Raya V., 2006. Sea warming and fish distribution: the case of the small pelagic fish, *Sardinella aurita*, in the western Mediterranean. *Global Change Biology*, 12: 2209-2219.
- Santinelli C., Gasparini G., Nannicini L., Seritti A., 2002. Vertical distribution of dissolved organic carbon (DOC) in the Western Mediterranean Sea in relation to the hydrological characteristics. *Deep-Sea Res.*, 49: 2203-2219.
- Sarano F., 1986. Cycle ovarien du merlu, (*Merluccius merluccius*), poisson a ponte fractionee. *Rev. Trav. Inst. Peches Marit.*, 48(1-2): 65-76.
- Sartor P., De Ranieri S., 1994. Pesca con reti a strascico tradizionali e ad ampia apertura verticale: analisi comparativa dello sbarcato. *Biol. Mar. Medit.*, 1(1): 311-312.
- Sartor P., Sartini M., Reale B., Sbrana M., 2001. Analisi delle modalità di scarto di *Merluccius merluccius* (L., 1758) nella pesca a strascico del Mar Tirreno Settentrionale. *Biol. Mar. Medit.*, 8(1): 771-774.
- Sartor P., Reale B., Sbrana M., Biagi F. 1998. Analisi dello sbarcato commerciale con reti a strascico presso un porto del Mar Tirreno Settentrionale. *Biol. Mar. Medit.*, 5(2): 81-91.
- Sartor P., Sbrana M., Reale B., Belcari P., 2003. Impact of deep sea trawl fishery on the demersal communities of the Northern Tyrrhenian Sea (Western Mediterranean). *J. Northw. Atl. Fis. Sci.*, 31: 275-284.
- Sbrana M., Belcari P., De Ranieri S., Sartor P., Viva C., 2007. Comparison of the catches of European hake (*Merluccius merluccius*, L. 1758) taken with experimental gillnets of different mesh sizes in the northern Tyrrhenian Sea (western Mediterranean). *Sci. Mar.*, 71(1): 47-56.
- Sparre P., Ursin E., Venema S.C., 1989. Introduction to tropical fish stock assessment. Part. I Manual FAO, *Fish. Tech. Pap.* 337 pp.
- Unione Europea, 2006. Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento europeo: Conseguire la sostenibilità della pesca nell'UE tramite l'applicazione del rendimento massimo sostenibile, Bruxelles, COM(2006) 360 definitivo del 4.7.2006.
- Unione Europea, 2006. Documento di lavoro interno della Commissione: Conseguire la sostenibilità della pesca nell'UE tramite l'applicazione del rendimento massimo sostenibile, Bruxelles, SEC(2006) 868 del 4.7.2006.
- Whitehead P.J.P., Bauchot M.L., Hureau J.C., Nielsen J., Tortonese E., 1986. Fishery of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean. *UNESCO*, Vol. II: 517-1007.
- Wotton R.J., 1984. Introduction: Strategies and tactics in fish reproduction. *Fishreproduction*. Academy Press Inc. London Ltd: 1-12.
- Unimar, 2004. Ministero delle Politiche Agricole e Forestali Direzione Generale per la Pesca e l'Acquacoltura, SIBM - Società Italiana di Biologia Marina - Identificazione dei Reference point relativi alla valutazione delle risorse biologiche.

Dietary changes in two coexisting skates (*Raja clavata* and *Raja montagui*) associated to a shift in their spatial distribution

Lucía López-López^a, Izaskun Preciado^a, Antonio Punzón^a, Jose Luis Gutiérrez-Zabala^a

The skate species thornback ray (*Raja clavata*) and spotted ray (*Raja montagui*) have shifted the focus of their distribution along the Cantabrian Sea since 1993, expanding their spatial distribution range well into the Galician continental shelf where they were previously rare. We determined annually the geographical variability in the diet of these species, documenting the implication of this geographical shift for their individual feeding habits. The diet analyses were performed maintaining the population ontogenetic structure. We established three ontogenetic size classes for *R. clavata* and two for *R. montagui*. Along their life cycle both skate species fed consistently on crustaceans, increasing during their ontogeny feeding motility (from benthic to benthic-pelagic prey) and prey size. Smaller individuals (*R. clavata* ≤ 21 cm and *R. montagui* ≤ 37 cm) fed preferentially on benthic shrimps from the family Crangonidae (68% and 23% respectively). The medium size class of *R. clavata* ($21 \text{ cm} < R. clavata \leq 54 \text{ cm}$) predated mostly on benthic shrimps (e.g. *Solenocera membranacea*) and both species shifted at larger sizes (*R. clavata* > 54 cm and *R. montagui* > 37 cm) to a diet dominated by the swimming crab *Polybius henslowi*. We analysed for each species and ontogenetic group the annual changes of diet based on a series of explanatory variables, including longitude and depth, sediment type and ray abundance using the STATICO co-inertia analysis which allows identifying how the importance of variables driving diet variability change across years.

^aIEO Centro Oceanográfico de Santander, Promontorio San Martín, s/n.
P.O. Box 240 39080 Santander, Spain (lucia.lopezlopez@st.ieo.es)

Deep-water chondrichthyan species caught in the Galicia Bank (NE Atlantic)

C. Rodríguez-Cabello^a, M. Pérez^b, A. Serrano^a, R. Bañón^c and F. Sánchez¹

A number of chondrichthyan species were caught in the Galicia Bank (NE Atlantic) during a multidisciplinary survey carried out in 2011 within the framework of INDEMARES Project aimed at obtaining information for the identification of valuable areas for the Natura 2000 Network. Galicia Bank is a large seamount located 120 miles offshore the west of Galicia coast. The top of the Bank is at 600 m depth, reaching to 4000 m in its deepest side. It has a length of about 50 km in the direction East-West and 90 km in the NS axis direction. A total of 10 hauls were performed in the Galicia Bank during summer 2011 using a GOC-73 otter trawl (20 mm mesh size at cod-end), haul duration was 30 min and depth range 750-1800 m. A total of 94 fish species were identified and among these 14 chondrichthyan species belonging to six families: Chimaeridae, Hexanchidae, Scyliorhinidae, Centrophoridae, Etmopteridae and Somniosidae. To confirm the identification of some species, mainly those from genus *Apristurus*, total genomic DNA was extracted from ethanol-preserved muscle tissue using FENOSALT method (Pérez and Pesa, 2011). A fragment of the COI locus was amplified and sequenced using the primer pair FishF2 and FishR2 (Ward *et al.*, 2005). Identification was made using i) Basic Local Alignment Search Tool (BLAST, Zhang *et al.*, 2000) available in GenBank and ii) the identification engine provided in the Barcode of Life Data Systems (BOLD). The main chondrichthyan species in biomass were *Centroscymnus coelolepis* (Barbosa du Bocage and Capello, 1864) and *Scymnodon ringens* (Barbosa du Bocage & de Brito Capello, 1864) and *Deania calcea* (Lowe, 1839) while in terms of number were *Etmopterus princeps* (Collett, 1904), *Galeus murinus* (Collett, 1904) and *Centroscymnus coelolepis*. In addition some chondrichthyan species were recorded for the first time in these waters such as *Apristurus profundorum* (Goode & Bean, 1896), *Apristurus aphyodes* (Nakaya and Stehman, 1998), *Galeus murinus* (Collett, 1904), *Raja bigelowi* (Stehmann, 1978), *Hydrolagus affinis* (de Brito Capello, 1868) and *Chimaera opalescens* (Luchetti, Iglésias & Sellos, 2011). Some environmental variables, such as temperature, salinity and type of sediment were also recorded during this survey and examined to investigate the ecological preferences of these deep-water chondrichthyes.

^a Instituto Español de Oceanografía. Apdo. 240. Santander 39080. Spain.
(email: c.cabello@st.ieo.es)

^b Instituto Español de Oceanografía. Apdo. 1552. Vigo 36200. Spain.

^c Xunta de Galicia. A Coruña. SPAIN

Nuevos datos biométricos de *Myroconger compressus* (Osteichthyes: Anguilliformes: Myrocongridae) de las Islas Cabo Verde

González-Herrera, T.^a, O. Tariche^b, R. Triay^a, C. Monteiro^b, J.I. Santana^c, A. Martins^b, J.A. González^{a,c} & J.G. Pajuelo^{a,c}

Myroconger compressus (Günther, 1870) es una especie muy poco frecuente de congrio perteneciente a la familia monotípica Myrocongridae, donde otras cuatro especies han sido identificadas (*M. gracilis* Castle, 1991; *M. prolixus* Castle & Bearez, 1995; *M. nigrodentatus* Castle & Bearez, 1995; *M. seychellensis* Karmovskaya, 2006) (Smith, 1990; Froese & Pauly (eds.), 2012). Existen muy pocos ejemplares de estos congrios poco conocidos cuya distribución estaba restringida al Atlántico Oriental. Recientemente ha sido citada una sexta especie, que aún no ha sido descrita (*Myroconger sp.* Paiva et al., 2011), capturada en el Atlántico Occidental (Brasil).

M. compressus es una especie demersal tropical conocida de unas pocas localidades dispersas por el Atlántico Oriental: Santa Helena, Dakar en Senegal (Smith, 1990), Santo Tomé y Príncipe (Smith, 1990; Afonso et al., 1999, registro sin confirmar), Islas Cabo Verde (Brito et al., 1999; González et al., 2004; Menezes et al., 2004; González & Tariche (eds.), 2009) y Vavilov Underwater Ridge (Parin et al., 2010). Los trabajos de González et al. (2004) y González & Tariche (eds.) (2009) amplían el material recolectado en Cabo Verde hasta casi un centenar de individuos. A la vista de su peculiar biogeografía, debe ser considerada como un endemismo de esta región del Atlántico Oriental, con escasa literatura descriptiva y una redescrición del holotipo y de un espécimen incompleto (Smith, 1984, 1989).

En el presente estudio se ha realizado un estudio morfológico y biológico de esta especie en el marco de los proyectos de cooperación transnacional para el desarrollo PROACTIVA 1-2 (2009-2012), subvencionados por la Dirección General de Relaciones con África del Gobierno de Canarias, que han aportado nuevos ejemplares de Cabo Verde.

M. compressus es una especie bentónica y epibentónica que ha formado parte del bycatch de la pesquería prospectiva de camarón soldado (*Plesionika edwardsii*) mediante nasas en aguas de Cabo Verde.

Un total de 60 ejemplares de *Myroconger compressus* capturados con nasas camarónicas semi-flotantes y bentónicas, entre 108 y 265 m de profundidad, han sido analizados. La metodología utilizada para el estudio biométrico se ha basado en los criterios establecidos por Böhlke (1982, 1989) para Anguilliformes (Fig. 1). En cada ejemplar se midió la longitud total (LT), longitud

estándar (LS) y longitud del tronco (TR) al mm; la longitud predorsal (PD), longitud cefálica (LC), altura corporal a nivel de la apertura branquial (ACAB), altura corporal a nivel del ano o poro urogenital (ACA), longitud preanal (PA), longitud de la aleta caudal (AC), longitud del hocico (H), el diámetro ocular (DO), distancia interorbitaria (DI), longitud de la mandíbula superior (M), distancia interbranquial (DIB) y longitud de la aleta pectoral (P) con precisión de 0,01 mm; el peso total (PT), peso eviscerado (PE), peso gonadal (PG) y peso hepático (PH) con precisión de 0,01 g. También se han determinado el sexo y el estado de madurez sexual a nivel macroscópico (inmaduro I, en reposo II, maduro III, maduro y en puesta IV y post-puesta V) (Holden & Raitt, 1975), y se han extraído los otolitos de cada individuo aunque no son objeto del presente trabajo.

Los radios de la aleta pectoral (RP) y el número de poros de la línea lateral (PLL) en cada flanco de los ejemplares muestreados se han determinado utilizando una lupa binocular. Posteriormente, el examen de una serie de mamografías permitirá establecer la fórmula vertebral y las restantes fórmulas radiales. La fórmula vertebral será expresada como número de vértebras predorsales (VPD), preanales (VPA), precaudales (VPC) y totales (VT). Las fórmulas radiales incluirán los radios dorsales totales (RD), radios dorsales anteriores al nivel del ano o poro urogenital (RDA) y radios anales (RA).

En la muestra examinada de *Myroconger compressus*, 37 individuos fueron machos y 22 hembras; 1 individuo deteriorado no pudo ser asignado a ningún sexo. El rango de tallas muestral varió entre 308 y 611 mm LT y entre 303 y 599 mm LS. El PT osciló entre 54,66 y 529,60 g. La talla de los machos varió entre 308 y 582 mm LT y el peso entre 54,66 y 415,86 g. En hembras, la talla osciló entre 360 y 611 mm LT y el peso entre 94,15 y 529,60 g. No se encontraron diferencias significativas entre la longitud total (LT) y el peso total (PT) de ambos sexos (Ttest, P= 0,281).

Los parámetros morfométricos del conjunto de la muestra y por sexos, expresados como porcentaje de LT y LC, se indican en la Tabla 1. No se hallaron diferencias significativas en la totalidad de las medidas tomadas entre ambos sexos (Ttest, P> 0.05), excepto para la longitud del hocico (H) (Ttest, P= 0,043).

El estudio merístico del conjunto de la muestra revela que el número de poros de la línea lateral, característica distintiva de la familia Myrocongridae, difiere para cada lado del cuerpo en el 72,2% de los casos (Fig. 2). El número de poros de la línea lateral en cada flanco, para el total de ejemplares y por sexo, se indica igualmente en la Tabla 1. No se encontraron diferencias significativas en el número de poros de la línea lateral entre ambos flancos (prueba Wilcoxon de los rangos con signo de muestras

^a Grupo de Ecología Marina Aplicada y Pesquerías, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) (tgonher@gmail.com).

^b Instituto Nacional de Desenvolvimento das Pescas (INDP) de Cabo Verde.

^c Grupo de Biología Pesquera, Instituto Canario de Ciencias Marinas (ICCM-ACIISI), Gobierno de Canarias.

relacionadas, $P=0,861$). La fórmula de la aleta pectoral (Fig. 3) se señala en la Tabla 1. No se hallaron diferencias significativas en el número de radios pectorales entre ambos sexos (prueba de medianas de muestras independientes, $P=0,553$).

Referencias

- Afonso, P., Porteiro F.M., Santos R.S., Barreiros J.P., Works J. & P. Wirtz (1999) - Coastal marine fishes of São Tomé Island (Gulf of Guinea). *Arquipélago. Life and Marine Sciences*, 17(A): 65-92.
- Brito, A., R. Herrera, J.M. Falcón, J.A. García-Charton, J. Barquín & A. Pérez-Ruzafa (1999) - Contribución al conocimiento de la ictiofauna de las islas de Cabo Verde. *Revista de la Academia Canaria de la Ciencia*, 11 (3-4): 27-41.
- Castle, P.H.J. (1991) - First Indo-Pacific Record of the Eel Family Myrocongridae, with the Description of a New Species of *Myroconger*. *Copeia*, 1: 148-150.
- Castle, P.H.J. & P. Bearez (1995) - Two new species of *Myroconger* (Anguilliformes, Myrocongridae) from the Pacific Ocean. *Cybiurn*, 19 (3): 211-222.
- Böhlke, E.B. (1982) - Vertebral formulae of type specimens of eels (Pisces: Anguilliformes). *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 134: 31-49.
- Böhlke, E.B. (1989) - Methods and terminology. p. 1-8. In: Fishes of the western North Atlantic, part 9, vol. 1 (E.B. Böhlke, ed.). *Memoir Sears Foundation for Marine Research, New Haven*.
- Froese, R. & D. Pauly (eds.) (2012) - FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (04/2012).
- González J.A. & O. Tariche (eds.) (2009) - Um olhar sobre a biodiversidade marinha e bases para a sua gestão sustentável. Potenciais recursos pesqueiros de profundidade de Cabo Verde. Dirección General de Relaciones con África, Gobierno de Canarias. Las Palmas de Gran Canaria: 176 pp.
- González J.A., A.M. García-Mederos, J.A. Pérez-Peñalvo, S. Correia, C. Monteiro, A. Medina, R. González-Cuadrado, M. Rabassó, R. Domínguez-Seoane, M. Gimeno, V.M. Tuset, L.F. López-Jurado & J.I. Santana (2004) - Prospección con nasas para crustáceos y peces en aguas profundas de las Islas Cabo Verde. Resultados de la campaña "Taliarte 2003-08". *Informes Técnicos del Instituto Canario de Ciencias Marinas*, 11: 1-76.
- Günther, A. (1870) - Catalogue of the Physostomi containing the families Gymnotidae, Symbranchidae, Muraenidae, Pegasidae and of the Lophobranchii, Plectognathi, Dipnoi, Ganoidei, Chondropterygii, Cyclostomata, Leptocardii in the collection of the British Museum. *Catalogue of the Fishes in the British Museum*, 8: 1-549.
- Holden, M.J. & Raitt, D.F.S. (1975) - Manual de ciencia pesquera: Parte 2. Métodos para investigar los recursos y su aplicación. *FAO Documento Técnico de Pesca*, 115: 211.
- Karmovskaya, E.S. (2006) - New species of the genus *Myroconger*, *M. seychellensis* (Myrocongridae, Anguilliformes) from the western equatorial part of the Indian Ocean. *Journal of Ichthyology*, 46 (8): 563-565.
- Menezes, G.M., O. Tariche, M.R. Pinho, P.N. Duarte, A. Fernandes & M.A. Aboim (2004) - Annotated list of fishes caught by the R/V ARQUIPÉLAGO off the Cape Verde archipelago. *Arquipélago. Life and Marine Sciences*, 21A: 57-71.
- Paiva, C.C., M.E. Araújo, R.A. Caires, R. Salles, R.S. Medeiros & T.M. Cruz-Lotufu (2011) - Six new records of deep-sea fish off north-eastern Brazil. *Marine Biodiversity Records*, 4 (9): 1-5.
- Parin, N.V., E.I. Kukuev & N.P. Pakhorukov (1990) - Species composition, distribution, and behavior of Fish on the Vavilov Underwater Ridge (the Atlantic Ocean). *Journal of Ichthyology*, 50(1): 12-19. [Original Russian text, published in *Voprosy Ikhtiologii*, 2010, Vol. 50, No. 1, pp. 16-23].
- Smith D.G. (1984) - A redescription of the rare eel *Myroconger compressus* (Pisces: Myrocongridae), with notes on its osteology, relationships and distribution. *Copeia*, 3: 585-594.
- Smith, D. (1989) - Family Myrocongridae, p. 98-103. In: Fishes of the western North Atlantic (E.B. Böhlke, ed). Part 9, vol. 1 Orders Anguilliformes and Saccopharyngiformes. *Memoir Sears Foundation for Marine Research, New Haven*.
- Smith, D.G. (1990) - Myrocongridae. p. 149. In: Check-list of the fishes of the eastern tropical Atlantic (CLOFETA) (J.C. Quéro, J.C. Hureau, C. Karrer, A. Post and L. Saldanha, eds.). JNICT, Lisbon; SEI, Paris; and UNESCO, Paris. Vol. 1.

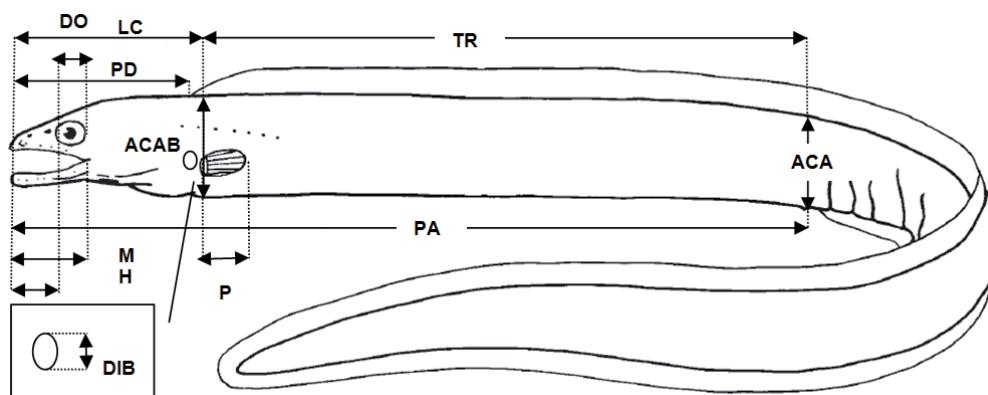


Figure 1. Esquema de las medidas tomadas en *Myroconger compressus*. Abreviaturas: ACA, altura corporal a nivel del ano o poro urogenital; ACAB, altura corporal a nivel de la apertura branquial; DIB, distancia interbranquial; DO, distancia ocular; H, longitud del hocico; LC, longitud cefálica; M, longitud de la mandíbula superior; P, longitud de la aleta pectoral; PA, longitud preanal; PD, longitud predorsal; TR, longitud del tronco.

Tabla 1. Datos merísticos y morfométricos de *Myroconger compressus* para el conjunto de la muestra, por sexos separados y para los ejemplares descritos por Smith (1984).

<i>Myroconger compressus</i>	Smith (1984)	Presente trabajo	Machos	Hembras
Longitud total (LT mm)	366	308-611	308-582	360-611
Datos merísticos				
N.º poros línea lateral (izquierdo)	5 - 7	3 - 9	3 - 9	4 - 8
N.º poros línea lateral (derecho)		3 - 8	4 - 8	3 - 7
Radiales pectorales	16	15 - 20	15 - 20	17 - 20
Radiales dorsales a nivel del ano	?	en estudio		
Radiales dorsales totales	?	en estudio		
Radiales anales totales	?	en estudio		
Vértebras predorsales	?	en estudio		
Vértebras preanales	47	en estudio		
Vértebras precaudales	52	en estudio		
Vértebras totales	131	en estudio		
Datos morfométricos (% LT)				
Longitud estándar	98	95.74 - 99.21	95.74 - 99.21	97.81 - 98.87
Longitud preanal	45	41.61 - 47.95	42.58 - 47.95	41.61 - 47.02
Longitud predorsal	12	10.75 - 14.75	10.75 - 14.45	11.12 - 14.75
Longitud cefálica	14	13.04 - 17.47	13.04 - 17.47	13.57 - 16.06
Altura corporal a nivel del ano	-	5.79 - 10.51	5.79 - 10.51	7.00 - 9.12
Altura corporal a nivel de la apertura branquial	-	6.53 - 10.36	6.77 - 10.02	6.53 - 10.36
Longitud del tronco	-	28.31 - 33.40	28.31 - 33.40	28.91 - 32.34
Longitud de la aleta caudal	-	30.41 - 58.39	30.41 - 58.13	52.65 - 58.39
Datos morfométricos (% LC)				
Longitud del hocico	24	17.72 - 32.81	17.72 - 30.36	23.30 - 32.81
Diámetro ocular	12 - 14	12.56 - 17.35	13.07 - 16.76	12.56 - 17.35
Distancia interorbital	-	16.67 - 25.35	16.67 - 25.35	17.04 - 23.56
Longitud de la mandíbula superior	48	38.39 - 56.83	38.39 - 56.83	41.32 - 53.23
Distancia interbranquial	10 - 12	10.90 - 17.29	10.90 - 16.31	11.60 - 17.29
Longitud de la aleta pectoral	19 - 22	18.44 - 30.88	20.75 - 30.88	18.44 - 29.79

**Figure 2.** Detalle del número de poros de la línea lateral para cada flanco de *Myroconger compressus*.**Figure 3.** Detalle de los radios de la aleta pectoral de *Myroconger compressus*.

Analysis of environmental forcing on the population dynamics of the ctenophore *Bolinopsis vitrea* in the Bay of Cádiz

Laura Prieto^a, Margarita María Rincón^a, Antonio Moreno^a, María Ferrer^a, Ioanna Barmetsea^a, Juan F. Martínez^a, Simone Taglialatela^a, Gabriel Navarro^a and Diego Macías^a

Large accumulations of gelatinous zooplankton occur in many coastal regions worldwide (Mills 2001), and they provoke wide environmental and economic impacts on human activities occurring in the shore (Purcell et al. 2007; Yamamoto et al.

2008; Purcell 2012). At the North East Atlantic coast, particularly in an area less exposed to the open ocean, the Bay of Cadiz, there is a stable population of a ctenophore from the order Lobata and the family Bolinopsidae, (as *Mnemiopsis leidyi*), whose population dynamics and environmental control has not been studied yet. It is the only group of blooming gelatinous zooplankton in that ecosystem. This ctenophore is *Bolinopsis vitrea*, differentiated from *Mnemiopsis leidyi* based on the length of the lobes relative to the body, but with similar size range and general body shape. *Bolinopsis vitrea* lobes are relatively shorter and they originate about halfway between the mouth and the infundibulum (Mayer, 1912). *Bolinopsis vitrea* has been observed in the South Atlantic Ocean in the Table Bay (Africa), in the tropical Atlantic (Bahamas) (references in Mianzan, 1999) and also in the Brazilian coast (Oliveira et al., 2007). Inside the Mediterranean it has been observed in the Alboran Sea by scuba diving (Mills et al., 1996) and in the Northern Aegean Sea (Shiganova et al., 2004). In this study, the natural population of *Bolinopsis vitrea* was sampled every 7-15 days during 2 years in the inner part of the Bay of Cadiz, on the Southwest coast of the Iberian Peninsula (36° 31' 55" N, 6° 12' 56" E), together with different environmental variables as temperature, salinity, wind, precipitation, tidal height, zooplankton biomass and turbidity. Also, to understand the mechanisms driving *Bolinopsis vitrea* swarms, several experiments were performed to parameterize the physical control on this ctenophore, and the impacts of the blooms over other trophic levels of the system. The population dynamics of this ctenophore during the 2 years sampled is then discussed based in the effects of the diverse environmental variables covered in the study.

Funding

This work was financially supported by Spanish MIC Plan Nacional Project JELLY-PHYS (CTM2011-22586),

Consejería de Ciencia, Innovación y Empresa Junta de Andalucía (Observatorio del Estrecho and PO7-RNM-02976), E.U. MarinERA Project MedEX (CTM2008-04036-E/MAR) and PERSEUS (FP7-287600).

References

- Mayer AG (1912) Ctenophores of the Atlantic Coast of North America. Carnegie Institution of Washington, Washington, D.C. Publication no. 162, 58 pp.
- Mianzan HW (1999) Ctenophora. In South Atlantic Zooplankton (D. Boltovskoy, ed.). Backhuys Publishers. pp 561-573.
- Mills CE (2001) Jellyfish blooms: Are populations increasing globally in response to changing ocean conditions? *Hydrobiologia*, **451**, 55-68.
- Mills EC, Pugf RP, Harbison RG, Haddock SHD (1996) Medusae, siphonophores and ctenophores of the Alboran Sea, South western Mediterranean. *Scientia Marina*, **60** (1), 145-163
- Oliveira OMP, Mianzan H, Migotto AE, et al. (2007) Identification key for the ctenophores from Brazilian coast. *Biota Neotropica*, **7**, 341-350.
- Purcell JE (2012) Jellyfish and Ctenophore Blooms Coincide with Human Proliferations and Environmental Perturbations. *Annual Review of Marine Science*, **4**, 209-235.
- Purcell JE, Uye S-I, Lo W-T (2007) Anthropogenic causes of jellyfish blooms and direct consequences for humans: a review. *Marine Ecology Progress Series*, **350**, 153-174.
- Shiganova TA, Malej A (2009) Native and non-native ctenophores in the Gulf of Trieste, northern Adriatic Sea. *Journal of Plankton Research*, **31** (1), 61-71.
- Yamamoto J, Hirose M, Ohtami T, Sugimoto K, Hirase K, Shimamoto T, Shimura T, Honda N, Fujimori Y, Mukai T (2008) Transportation of organic matter to the sea floor by carrion falls of the giant jellyfish *Nemopilema nomurai* in the Sea of Japan. *Marine Biology*, **153**, 311-317.

^a Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía (ICMAN), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) .Av. República Saharaui 2,11519, Puerto Real, Cádiz-Spain. (laura.prieto@icman.csic.es)

Efectos de las defensas estructurales en la herbivoría de la comunidad íctica de fondos rocosos de las islas Canarias

Laureano González^a, Jana Verdura^a, José Carlos Hernández^a, Mikel A. Becerro^b, Carlos Sangil^{a,c} & Sabrina Clemente^a

La herbivoría es una de las interacciones más importantes en la estructuración de los sistemas marinos, con efectos directos sobre la base de las cadenas tróficas (Crawley 1983, Horn 1989). Tanto peces como invertebrados marinos herbívoros influyen en la abundancia y composición de las comunidades algales (Lubchenco & Gaines 1981, Choat 1982, Sala & Boudouresque 1997). Los estudios de herbivoría se han centrado mayoritariamente en evaluar los efectos de los invertebrados (Ruitton *et al.* 2000). Sin embargo, hay evidencias que señalan que esto no es siempre así (Lewis & Wainwright 1985, Carpenter 1986, Hixon & Brostoff 1996), sobre todo en ecosistemas más tropicales donde los peces herbívoros juegan un papel clave en el mantenimiento de las comunidades de macroalgas. El nivel de herbivoría difiere de forma importante entre las especies de algas debido a características estructurales o químicas propias de cada especie, que actúan como mecanismos de defensa. De esta forma, el consumo preferente de determinadas especies algales por parte de la comunidad íctica pueden modificar la abundancia relativa de las mismas y la estructura de las comunidades de macroalgas (Sammarco 1982). Los fondos de la franja submareal somera de la isla de la Palma, dominados por algas (>30% cobertura de macroalgas erectas) o alternativamente por poblaciones de equinoideos que constituyen blanquiales (>4 indiv de *Diadema* aff. *antillarum*/m² y dominancia de algas coralináceas costrosas), proporcionan el marco ideal para estudiar las interacciones de herbivoría en dos ambientes con disponibilidad de alimento vegetal y diferente grado de palatabilidad.

En este estudio determinamos, mediante experimentos de elección múltiple, la tasa de herbivoría de la comunidad de peces herbívoros sobre diversas especies algales comunes en los fondos rocosos sublitorales someros de Canarias (Sangil *et al.* 2011), comparando los resultados obtenidos entre localidades situadas en los dos tipos de hábitats diferentes (blanquial y algal). Los

experimentos se llevaron a cabo en cuatro localidades de la isla de La Palma (Islas Canarias), dos con hábitats algales y dos con blanquiales. Se utilizaron como unidades experimentales unas cuerdas de 80 cm, donde se colocó al azar y a intervalos de 10 cm volúmenes comparables de material de 7 especies diferentes de algas (*Gelidium arbuscula*, *Haliptilon virgatum*, *Lobophora variegata*, *Styopodium zonale*, *Lophocladia trichoclados*, *Cystoseira abies-marina* y *Asparagopsis taxiformis*). Cada cuerda, estaba provista de un plomo a la parte inferior y una boya a la parte superior para mantener la posición vertical en la columna de agua (Fig. 1A). En cada localidad se colocaron 20 cuerdas de 3.5-6 m de profundidad, dispuestas al azar, siguiendo un transecto paralelo a la costa y con una separación mínima entre cuerdas de 3 a 5 m. El seguimiento de los experimentos se realizó a las 2 h y a las 5 h de su colocación, a fin de poder detectar las preferencias de consumo de las distintas algas. Cuando el consumo no llegó al 50% del material algal durante este tiempo, el experimento se prolongó hasta las 30 h. Se registró el porcentaje de consumo de las distintas especies en las siguientes categorías: 0%, 25%, 50%, 75% y 100% del material consumido). Las tasas de herbivoría de esta forma se analizaron mediante un ANOVA ejecutado por 9999 permutaciones y basado en distancias euclídeas (Anderson 2004). Se utilizó un diseño de 3 vías, en el que los factores “Especie” y “Hábitat” fueron tratados como fijos y el factor “Localidad” como aleatorio anidado en “Hábitat”; y se realizaron comparaciones *a posteriori* de los niveles de los factores significativos. Finalmente, en una serie de experimentos adicionales, se eliminó la estructura física de las especies algales, utilizando material liofilizado y pulverizado en un preparado de agar, para determinar su efecto en la selección de las presas por la comunidad íctica (Fig. 1B). Este experimento se realizó únicamente en dos localidades de estudio, por restricciones logísticas y en base a que los resultados de la experiencia anterior no arrojaron diferencias significativas en el consumo entre los hábitats estudiados. El seguimiento del consumo de los preparados de algas se realizó de la misma forma que en el experimento anterior. Los datos se analizaron mediante un ANOVA de una vía ejecutado por permutaciones y basado en distancias euclídeas (Anderson 2004), donde el factor especie se trató como un factor fijo, seguido de las correspondientes comparaciones *a posteriori*. Todos los análisis se realizaron con el programa estadístico PRIMER 6 & PERMANOVA+.

El ANOVA de la tasa de herbivoría mostró una interacción significativa de los factores “Especie x Localidad (Hábitat)” (Tabla 1), de forma que la herbivoría que soportan las distintas

^aBiodiversidad, Ecología Marina y Conservación. Departamento de Biología Animal (Ciencias Marinas), Facultad de Biología, Universidad de La Laguna. Av. Francisco Sánchez s/n, 38206 La Laguna, Tenerife, islas Canarias, España. (janaverdura@gmail.com)

^bInstituto de Productos Naturales y Agrobiología (IPNA-CSIC). Av. Astrofísico Francisco Sánchez 3, 38206 La Laguna, Tenerife islas Canarias, España.

^cÁrea de Biodiversidad, Reserva Mundial de la Biosfera La Palma. Avenida Marítima, 3, 38700 Santa Cruz de La Palma, La Palma, islas Canarias, España.

algas depende de la localidad considerada dentro de cada uno de los hábitats estudiados (Fig. 2). Sin embargo, no se encontró ningún efecto del hábitat sobre la tasa de consumo de las algas, ni de la interacción de factores “Especie x Hábitat” (Tabla 1). Los resultados de los análisis *a posteriori* mostraron que el consumo del alga roja *Lophocladia trichoclados*, muy palatable, fue superior que el registrado sobre la mayor parte de las otras especies estudiadas, principalmente en las localidades de hábitat algal (Tabla 2, Fig. 2). Estos resultados contrastan con los obtenidos en los experimentos al eliminar la estructura física de las especies algales, donde no se registraron diferencias significativas en el consumo de los preparados de agar de las diferentes especies estudiadas (Tabla 3, Fig. 3).

Nuestros resultados ponen de manifiesto que ni la presión de herbívora ni las preferencias de consumo sobre las especies de algas empleadas en el estudio dependen de los hábitats estudiados. Sin embargo, parece haber una variación local en los patrones de herbivoría de los peces, con un consumo preferencial de *L. trichoclados* frente a otras especies en las localidades de hábitat algal, en comparación con las de blanquiazal. En éste último hábitat, además, varias especies adicionales son consumidas en igual magnitud, lo que manifiesta el papel de la herbivoría por peces como controladora de sus poblaciones. El estudio de herbivoría donde se eliminó la estructura de las algas pone de manifiesto la clara influencia de la morfología de las algas en las tasas de consumo de los peces, ya que una vez se elimina las defensas estructurales de las especies estudiadas, no se encuentran diferencias en el consumo.

Por lo tanto, la herbivoría ejercida por la comunidad íctica parece influenciar la estructura y composición de las comunidades algales de los fondos subtropicales someros de las islas Canarias, especialmente de aquellas especies más vulnerables y estructuralmente más apetecibles para los consumidores. En conclusión, las defensas estructurales de algunas especies de algas parecen ser efectivas para disminuir la depredación por peces herbívoros.

Bibliografía

Anderson MJ (2004) University of Auckland. Choat JH (1982) *Annu Rev Ecol Syst* 13: 423-449
 Clemente S *et al.* (2010) *Mar Ecol Prog Ser* 413: 55-67
 Crawley MJ (1983) Univ California Press. Lubchenco J & Gaines SD (1981) *Annu Rev Ecol Syst* 12: 405-437
 Hernández JC *et al.* (2008) *Aquat Conserv* 18: 1091-1108
 Hixon MA & Brostoff WN (1996) *Ecol Monogr* 66: 67-90
 Horn MH (1989) *Oceanogr Mar Biol Ann Rev* 27: 167-272
 Ruitton *et al.* (2000) *Estuar Coast Shelf Sci* 50: 217-230
 Sala E & Boudouresque CF (1997) *J Exp Mar Biol Ecol* 212: 25-44
 Lewis SM & Wainwright PC (1985) *J Exp Mar Biol Ecol* 87: 215-228
 Sammarco PW (1982) *J Exp Mar Biol Ecol* 65: 83-105
 Sangil C. *et al.* (2011) *Estuar Coast Shelf Sci* 94: 322-333.

Tabla 1. ANOVA de 3 vías por permutaciones de la tasa de herbivoría, comparándola según la especie algal, el hábitat y las localidades dentro de cada hábitat [ns: no significativo; * p<0.05; ** p<0.01].

Fuente variación	gl	SC	MC	Pseudo-F	p
Especie	6	47317	7886.1	8.52	**
Hábitat	1	3731.3	3731.3	1.14	ns
Localidad (Hábitat)	2	6600.2	3300.1	6.81	**
Sp x Hábitat	6	4508.3	751.38	0.81	ns
Sp x Loc (Hábitat)	12	11181	931.79	1.92	*
Residual	479	232000	484.34		
Total	506	309090			

Tabla 2. Contrastes a posteriori para la interacción significativa “Especie x Localidad (Hábitat)”. Se compara la tasa de herbivoría sobre cada especie algal en las distintas localidades estudiadas [ns: no significativo; * p<0.05; ** p<0.01].

Especie	Talavera		P. Espíndola		Salemera		Bajita		
	t	p	t	p	t	p	t	p	
Lob vs.	Loph	1.76	ns	4.32	**	1.45	ns	2.49	*
	Gel	1.79	ns	1.85	ns	0.17	ns	1.21	ns
	Sty	1.68	ns	1.04	ns	1.43	ns	0.00	ns
	Cys	0.82	ns	2.65	*	0.16	ns	0.64	ns
	Asp	2.85	*	0.51	ns	0.35	ns	0.21	ns
	Hal	1.46	ns	1.27	ns	0.99	ns	2.49	*
Loph vs.	Gel	3.49	**	7.13	**	1.49	ns	3.01	**
	Sty	3.32	**	5.93	**	3.33	**	2.43	*
	Cys	2.39	*	8.63	**	1.75	ns	1.56	ns
	Asp	4.38	**	4.43	**	1.37	ns	2.33	*
	Hal	3.03	**	5.87	**	2.86	**	3.60	**
	Sty	0.00	ns	0.85	ns	2.24	*	1.10	ns
Gel vs.	Cys	0.69	ns	0.78	ns	0.39	ns	1.30	ns
	Asp	1.38	ns	1.11	ns	0.22	ns	0.59	ns
	Hal	0.11	ns	0.48	ns	1.59	ns	0.88	ns
	Cys	0.66	ns	1.66	ns	1.53	ns	0.62	ns
Sty vs.	Asp	1.14	ns	0.40	ns	2.85	*	0.20	ns
	Hal	0.10	ns	0.30	ns	1.07	ns	2.14	*
Cys vs.	Asp	1.61	ns	1.76	ns	0.62	ns	0.69	ns
	Hal	0.53	ns	1.20	ns	0.97	ns	1.86	ns
Asp vs.	Hal	1.13	ns	0.64	ns	2.06	ns	1.18	ns

Tabla 3. ANOVA de 3 vías por permutaciones de la tasa de herbivoría, comparándola según la especie algal, el hábitat y las localidades dentro de cada hábitat [ns: no significativo; * p<0.05; ** p<0.01].

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perm	P(MC)
Sp	6	1,65	0,275	1,711	0,106	386	0,117
Res	203	32,617	0,160				
Total	209	34,267					

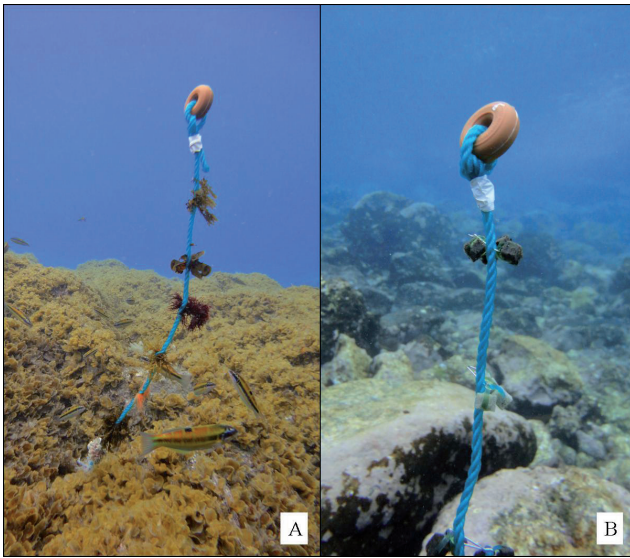


Figura 1. Unidades experimentales para valorar las tasas de consumo, empleando A) algas frescas y B) algas liofilizadas y pulverizadas en un preparado de agar.

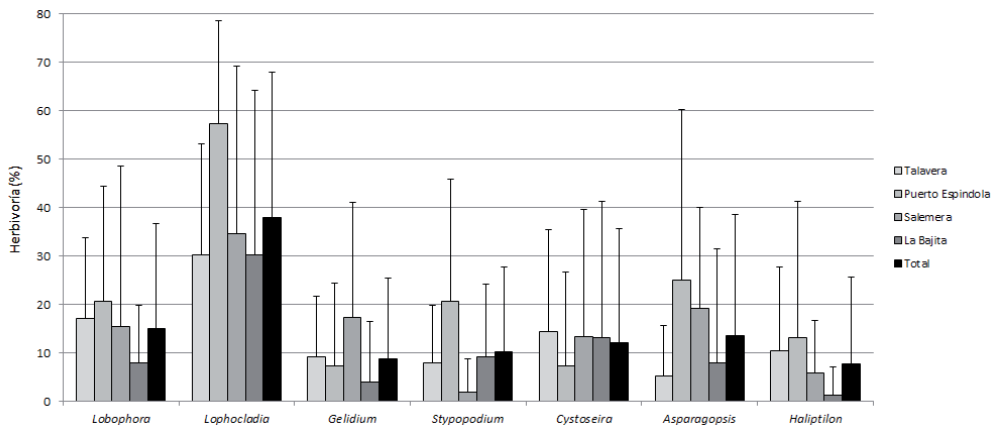


Figura 2. Tasa de herbivoría media (\pm DE) registrada sobre las distintas especies de algas estudiadas en cada una de las localidades de la isla de La Palma.

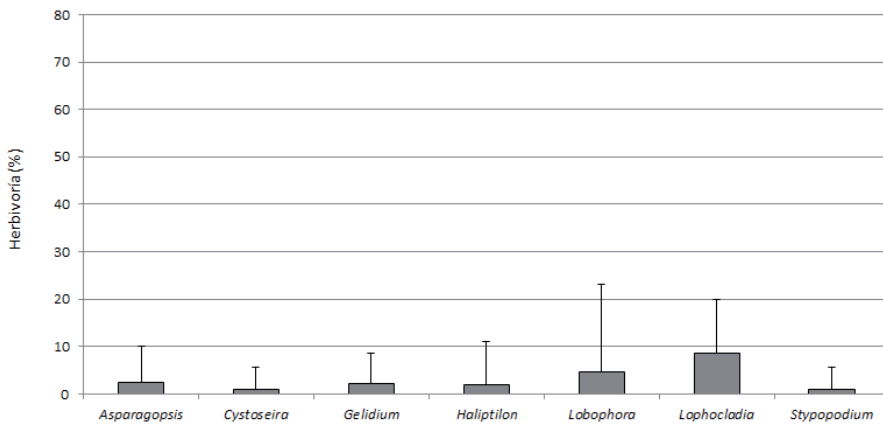


Figura 3. Tasa de herbivoría media (\pm DE) registrada en los experimentos donde se eliminó la estructura física de las algas, utilizando material liofilizado y pulverizado en un preparado de agar de siete especies algales diferentes

Feeding strategies of *Nezumia aequalis* (Günter, 1878) (Pisces: Macrouridae) in three deep-sea areas with different trophic pathways (southern Bay of Biscay)

Izaskun Preciado^a, Inmaculada Frutos^a, Lucía López-López^a, Vanesa Papiol^b, Joan Cartes^b, Francisco Sánchez^a, Alberto Serrano^a

The diet of the macrourid *Nezumia aequalis* is described for three areas located in the southern Bay of Biscay and characterised by different environmental conditions: Le Danois Bank, Aviles Canyon, Galicia Bank. Both Le Danois Bank and Aviles Canyon (Cantabrian Sea) displayed rich deep-sea benthic communities (Sánchez et al., 2008), whereas Galicia Bank is characterised by oligotrophic waters and poor benthic communities. It is well known that suprabenthic peracarids and eucarids are typical prey resources for many demersal fishes (Cartes, 1998; Preciado et al 2009; López-López et al., 2011). The macrourid *Nezumia aequalis* is a typically benthic-feeder predator (Mauchline and Gordon, 1984; Madurell and Cartes, 2006) and significant changes in its diet will be expected in areas with different benthic assemblages. The aim of the present study was to determine the shifts in diet composition between the three areas studied in relation with prey availability and other environmental variables. A detailed taxonomic study of the most characteristic prey groups has been conducted in order to estimate the degree of predation on different benthic compartments.

A total of 111 specimens of *Nezumia aequalis* were measured (total length, cm), and stomach contents analysed

within the ECOMARG and INDEMARES projects (LIFE + 07/NAT/E/000732). Quantitative diet estimation was obtained in the three study areas. In the present study the stomach content analysis was based on prey number and volume, as percentage abundance (%N, %V). Only stomachs with food have been taken into account. Prey were separated and identified to species level. Clustering methods were applied to analyse prey affinities between the three areas. SIMPER analysis was used to identify prey species that contribute most to the similarity of each group resulting from the hierarchical analysis.

Size distribution of *N. aequalis* in the three study areas is shown in Figure 1. Specimens of Galicia Bank were smaller than that found in Aviles Canyon, whereas in Le Danois Bank a bimodal distribution can be found. In Aviles Canyon and Le Danois Bank, at total of 68 and 66 prey taxa were found respectively (Table 1), whereas only 24 prey taxa were found in Galicia Bank. Also, the highest trophic diversity was found in Aviles Canyon. In Galicia Bank the main prey taxa were Copepoda Calanoidea and Ophiuroidea. However, in Aviles Canyon and Le Danois Bank, *N. aequalis* fed mainly on a great variety of suprabenthic prey such as amphipods, isopods and polychaetes.

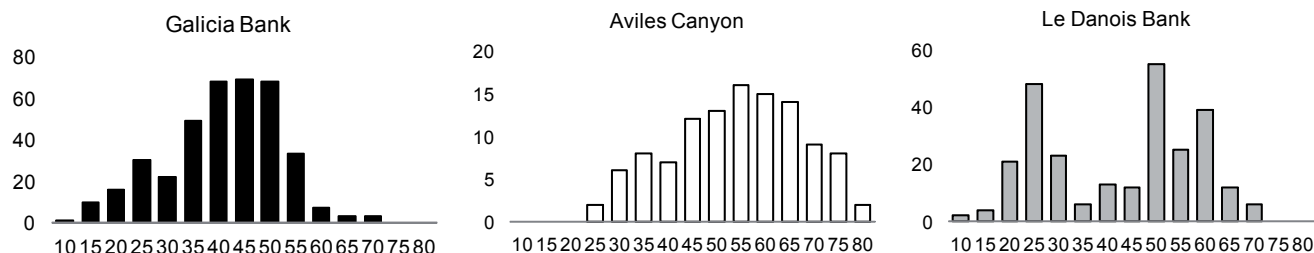


Figure 1. Size distribution of *N. aequalis* in the three study areas ($N_{\text{GaliciaBank}} = 379$, $N_{\text{Aviles}} = 112$, $N_{\text{Le Danois}} = 266$)

^a Instituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Santander. SPAIN (ipreciado@st.ieo.es)

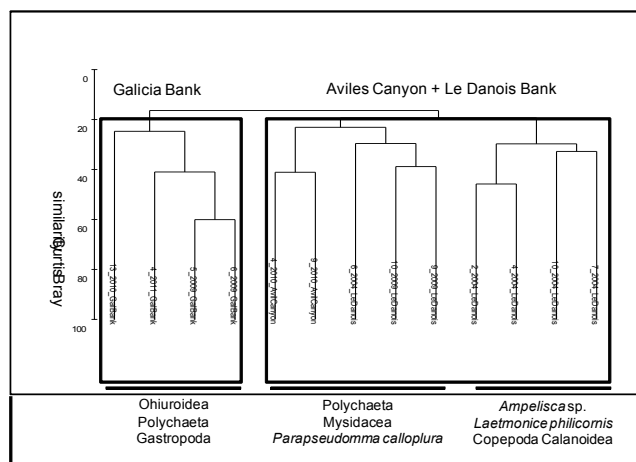
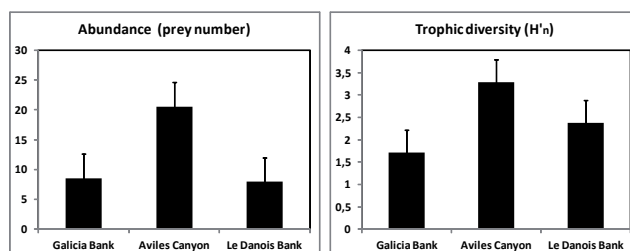
^b Institut de Ciències del Mar de Barcelona, CSIC. SPAIN

Table 1. Summary of number of hauls, depth range (m), total number of stomachs with food, total number of prey taxa, mean species richness and mean trophic diversity (H'_n)

	Galicia Bank	Aviles Canyon	Le Danois Bank
Number of hauls	4	2	8
Depth range (m)	750-850	900-1000	600-1100
Stomachs with food	26	18	76
Total number of prey taxa	24	68	66
Mean species richness	10	48	20
Mean trophic diversity (H'_n)	1.72	3.29	2.38

The cluster analysis of prey affinities between hauls depicted three main groups (Figure 2). One consisted of hauls belonging to Galicia Bank where *N. aequalis* fed on epibenthic fauna (i.e. Ophiuroidea, Polychaeta) according to the SIMPER analysis. The second one is made up of hauls carried out in Aviles Canyon and in Le Danois Bank. Prey characteristics of this group were Polychaeta, Mysidacea and the mysid *Parapseudomma calloplura*. The third group corresponded exclusively to Le Danois Bank hauls carried out in spring 2004. SIMPER analysis revealed that the amphipod *Ampelisca* sp., the polychaete *Laetmonice philicornis* and copepods Calanoidea contributed most to the similarity of this group. Abundance (mean prey number) and trophic diversity (mean H'_n) were significantly higher in Aviles Canyon ($p < 0.01$) than in the other two areas (Figure 3).

Feeding habits of *N. aequalis* were significantly different in Galicia Bank due to different food availability. Also, specimens were smaller than the other two areas. It seems that both variables (size and diet) are somehow linked. These results show that feeding ecology of *N. aequalis* in Aviles canyon is highly influenced by the high prey availability of suprabenthic prey and we hypothesized that the presence of small-bodied specimens in Galicia Bank could partially be caused by the low food availability of suprabenthic assemblages.

**Figure 2.** Dendrogram of prey affinities between hauls of the three study areas based on Bray-Curtis similarity of prey volume. Taxa below show species that contribute most to the similarity of each group according to the Simper analysis.**Figure 3.** Differences in abundance (mean prey number) and trophic diversity (mean Shannon diversity, H'_n) between the three study areas.

References

- Cartes, J. E. (1998). Dynamics of the bathyal benthic boundary layer in the northwestern Mediterranean: depth and temporal variations in macrofaunal-megafaunal communities and their possible connections within deep-sea trophic webs. *Progress in Oceanography* 41, 111–139.
- López-López L, Preciado I, Velasco F, Olaso I, Gutiérrez-Zabala J.L. (2011) Resource partitioning amongst five coexisting species of gurnards (Scorpaeniforme:Triglidae): Role of trophic and habitat segregation. *Journal of Sea Research* 66: 58-68
- Madurell T., Cartes, J.E. (2006) Trophic relationships and food consumption of slope dwelling macrourids from the bathyal Ionian Sea (eastern Mediterranean). *Marine Biology* 148, 1325-1338
- Mauchline J., Gordon J.D.M. (1984) Diets and bathymetric distributions of the macrourid fish of the Rockall Trough, northeastern Atlantic Ocean. *Marine Biology*: 81, 107-121.
- Preciado I., Cartes J., Serrano A., Velasco F., Olaso I., Sánchez F., Frutos I. (2009) Resource utilization by deep-sea sharks at the Le Danois Bank, Cantabrian Sea, north-east Atlantic Ocean. *Journal of Fish Biology* 75: 1331-1355
- Sánchez F. et al. (2008) Habitat characteristics as determinant of the structure and spatial distribution of epibenthic and demersal communities of Le Danois Bank (Cantabrian Sea, N Spain). *Journal of Marine Systems* 72, 64-86

The migratory flow of the North East Atlantic Mackerel (*Scomber scombrus*) in the Cantabrian Sea

Punzón^a, A., Villamor^a, B., Gonzalez-Quiros^s, R., Abaunza^a, P. and G., Costas^c

The Northeast Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*, L.1758) spawns over the edge of the continental shelf from the south of the Iberian Peninsula up to Scotland. The main spawning areas are to the west and south west of Ireland, the Celtic Sea slope and the Cantabrian Sea. In the first 6 years of this century there has been a one-month delay in the arrival of the mackerel spawning grounds in the Bay of Biscay. Mackerel in their reproductive migration runs from east to west along the Cantabrian shelf. It is unknown how this migration occurs, and as takes place back to the feeding grounds.

The annual start of the Spanish mackerel fishery in the Cantabrian Sea and north west is determined by this migration. The resource is exploited by a large number of fisheries, but the handline fishery is the most important, and makes over 50% of landings. This fleet has been used as sampler to identify the delay in the migration. Vessel Monitoring by Satellite (VMS) Data and landings by trip will be used to characterize the migration of mackerel, analyzing how it is produced, speed, and what oceanographic conditions when this takes place. Furthermore, information sampling size is to analyze how the migration flow occurs in the Cantabrian Sea.

^a Instituto Español de Oceanografía. CO Santander Promontorio de San Martín SN. 39080 Santander. PO BOX 240 (antonio.punzon@st.ieo.es)

^b Instituto Español de Oceanografía. CO Gijón. Avenida Príncipe de Asturias, 70 bis. 33212 Gijón

^c Instituto Español de Oceanografía. CO Vigo Subida a Radio Faro, 50-52. 36390 Vigo

Population structure of bottlenose dolphins in the Balearic Islands based on carbon and nitrogen stable isotope analysis

Carme Alomar^a, Salud Deudero^a, Ariadna Tor^a, José María Brotons^b

Stable isotopes were determined for bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from the Balearic Islands, western Mediterranean, to study population structure. Several sampling sites were considered: Formentera, Andratx, Migjorn and Canal. Samples for isotopic determination were obtained from dolphin muscle tissues by means of remote biopsy. In this region of the Mediterranean, a genetic survey provided some evidence of population structuring amongst bottlenose dolphins (Natoli *et al.*, 2005). Carbon and nitrogen stable isotopes and organochlorine concentrations of stranded dolphin tissues have also been used to investigate population structures in the Iberian Peninsula (Catalonia and Valencia), Balearic Islands and Atlantic adjacent waters (Borrell *et al.*, 2005) but until now, no studies using only stable isotope analysis of biopsies have been conducted. Carbon and nitrogen stable isotopes have been used as tracers to examine trophic relationships and origins of prey in marine food webs. Nitrogen isotopic values can be used to quantitatively assess trophic level, while carbon isotopic values are generally applied to indicate relative contributions to the diet of different potential primary sources in a food web, giving evidence of inshore versus offshore food intake (Rau *et al.*, 1992, Hobson *et al.*, 1995, Smith *et al.* 1996, Lepoint *et al.*, 2000). A permutational analysis of variance (PERMANOVA) has been applied to study significant differences between bottlenose dolphins populations around the Balearic Islands. Results show differences amongst locations on carbon and nitrogen stable isotopic values amongst these populations. Individuals from the Canal site are the most enriched in nitrogen with mean values of $15,31 \pm 0,62\text{‰}$ while individuals from the Andratx site are the most depleted in nitrogen with mean values of $12,87 \pm 0,30\text{‰}$. For carbon isotopic values, individuals from the Migjorn site are the most enriched with mean values of $-14,55 \pm 0,32\text{‰}$ and individuals from Andratx are the least enriched with mean values of $-15,24 \pm 0,32\text{‰}$. It has been seen that isotopic analysis can be an efficient tool, complementary to other analytical techniques, to determine population dynamics of bottlenose dolphins.

^aInstituto Español de Oceanografía. Centre Oceanogràfic de les Balears. Moll de Ponent s/n, 07015 Palma de Mallorca, Spain. (email: c.alomar@ba.ieo.es)

^bDirecció General de Medi Rural i Mari. Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori.. C/ Foners 10, 07006 Palma de Mallorca, Spain.

Exploring Common dolphin vocalisations in Irish waters: a preliminary study on noise compensation behaviour

Lidia Sarrà Alarcón^a, John Cunningham^b, Pauline Anne King^b

Cetaceans use sound for navigation, prey detection and capture (Richardson *et al.*, 1995; Aguilar de Soto *et al.*, 2004), making it an essential tool. The emitted sounds are reflected by nearby objects, which gives them information about their surrounding environment (Richardson *et al.*, 1995). However, over the past 50 years, man-made activities such as shipping have increased the level of background noise in the marine environment. Sound in water travels five times faster than in air (Berta *et al.*, 2006) and it may be audible over much longer distances (Richardson *et al.*, 1995). This makes marine species like cetaceans susceptible to the negative effects of man-made noise and therefore can cause behavioural or physical changes by blocking them from acquiring information acoustically (Richardson *et al.*, 1995; Holt *et al.*, 2009; Jensen *et al.*, 2009). Noise is now defined as a pollutant under the Marine Strategy Framework Directive (MSFD) EU Directive 2008/56/EC.

The objective of this study was to analyse the sounds produced by short-beaked common dolphin (*Delphinus delphis*) from two areas off the South of Ireland with different degrees (intensities) of vessel traffic.

The short-beaked common dolphin (*Delphinus delphis*) is a small cetacean species that is considered to be of high abundance with a worldwide distribution (Oswald *et al.*, 2003; Santos *et al.*, 2004; Neumann & Orams, 2005). It reaches lengths of <2,15m and weight up to 200kg (Dailey & Browell, 1972; Scullion, 2004; Bush, 2006).

The recordings were carried out during daylight hours (between noon and 4pm) in two areas: off Galley Head in Cork (A) and off the Blasket Islands in Kerry (B), (Fig. 1). Three different surveys were conducted in each area and two hydrophones were used due to their high sensitivity, low noise and flat frequency response over a wide frequency range. The Cork files were recorded using a Cetacean Research C54XRS, while the Blasket files were recorded using a Reson TC4032. The recordings were done randomly and therefore no visual observations are available. Also, the number of individuals as well as their distance from the boat is unknown.

^aResearch Group Biología Animal-Ictiología, University of Girona, Spain. (u1903397@campus.udg.edu).

^bMarine and Freshwater Research Centre (MFRC), Galway-Mayo Institute of Technology (GIT), Galway, Ireland.

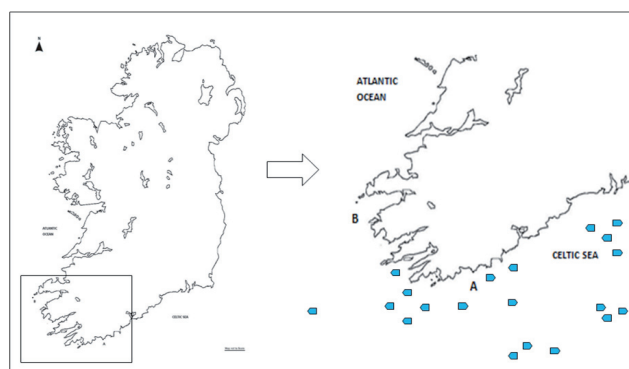


Figure 1. Map of the survey areas; Cork (A) and Blasket (B), (modified from www.wikipedia.org). The blue marks (■) represent the vessels that can be found in the area (information extracted from www.marinetraffic.com).

The files were analysed using a combination of two programmes, Adobe Audition version 1.5 (Adobe Systems Incorporated) and MATLAB version 7.4 (R2007a), (The MathWorks, Inc.). Dolphins produce a large variety of whistle-like sounds. Whistles are narrowband tonal calls, frequency modulated signals used for communication (Aguilar de Soto *et al.*, 2004; Hildebrand, 2007; Rankin *et al.*, 2008). Their frequencies oscillate between 2 and 30 kHz (Hildebrand, 2007; Rankin *et al.*, 2008) and their duration is up to a few seconds (Ansmann *et al.*, 2007).

The recordings were run through Adobe Audition and only clear whistles were extracted and then imported into MATLAB where spectrograms for each whistle were created. According to Oswald *et al.* (2003), clear whistles are those which can be easily detected aurally and by visual inspection of the spectrogram. From the spectrograms five variables were obtained for each whistle: (1) duration (s), (2) start frequency (Hz), (3) end frequency (Hz), (4) minimum frequency (Hz), (5) maximum frequency (Hz). A Wilcoxon Rank Sum test was conducted on the data.

A total of 1,26 hours of recordings were collected off Galley Head in Cork and it was possible to extract and analyse 282 clear whistles; whereas off the Blasket Islands a total of 0,73 hours of recordings were collected and 80 clear whistles were visually detected and extracted for analysis. For each location, the range, mean and standard deviation for the different parameters were calculated.

We have observed (Table 1) that the minimum values for the frequency parameters were approximately equal; but the

maximum values for the same parameters in the recordings from Cork (A) were considerably higher (even though the standard deviation values are very high). While being aware of the limitations of these preliminary findings (limited number of

recordings and limited data on vessel activity off the Irish coast), results indicate that some external factors are forcing dolphins to increase the volume or frequency of their sounds in order to be able to communicate.

Table 1	CORK (A)				BLASKET ISLANDS (B)			
	Min	Max	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Mean	Std. Dev.
Duration (s)	0.089	2.007	0.857	0.274	0.3964	1.6484	0.9126	0.2531
Start Freq (Hz)	4500	27800	13437.589	4400.553	6000	22000	12975	4459.225
End Freq (Hz)	4550	20800	11004.61	3710.895	4500	20000	11610	4210.072
Min Freq (Hz)	4500	18800	8667.553	1871.553	4500	15400	8523.75	1972.067
Max Freq (Hz)	8200	27800	17025.71	2900.252	11300	22000	16499.38	2878.604

Various authors have reported changes in the frequency content or source level of the sounds for some species, even birds, in order to decrease the masking effect of anthropogenic noise (Holt *et al.*, 2009; Jensen *et al.*, 2009). A study on killer whales conducted by Holt *et al.*, (2009) showed that killer whales adjust their vocal behaviour (signal amplitude, duration, repetition rate and frequency) to compensate for background noise.

In conclusion, the effect of vessel noise on long-lived marine species like cetaceans is something that needs to be looked into further in order to identify the impact on these species. In the future, more studies should be carried out with the objective to try to find solutions that minimize noise in the marine environment. To this end, Galway-Mayo Institute of Technology (GMIT), Ireland are currently undertaking research to assess and monitor ocean noise in Irish Waters (EU/STRIVE program).

References

- Aguilar de Soto, N., Rogan, E., Ó Cadhla, O., Gordon, J.C.D., Mackey, M. & Connolly, N. (2004). Report Rockall Studies Group (RSG) projects 98/6 and 00/13, 99/38. 51pp. (http://www.ucc.ie/research/crc/publications/reports/Vol3_Cetacean_acoustics_Final.pdf)
- Ansmann, I.C. (2005). MSc Marine Mammal Science. University of Wales, Bangor, UK. (<http://www.seawatchfoundation.org.uk/docs/Ina%20Ansmann%20thesis.pdf>).
- Berta, A., Sumich, J.L. and Kovacs, K.M. (2006). *Marine Mammals: Evolutionary Biology*. Elsevier Inc. San Diego, California, USA. pp 547.
- Bush, N. (2006). MSc Marine Mammal Science. University of Wales, Bangor, UK. (<http://www.seawatchfoundation.org.uk/docs/Natalie%20Bush%20thesis.pdf>)
- Dailey, M.D. & Browell Jr., R. (1972). *Mammals of the Sea: Biology and Medicine* (S.H. Ridgway, ed.). Charles C. Thomas Publisher, Florida, EUA, p. 529-589.
- Hildebrand, J. (2007). Naval Postgraduate School, University of California. Monterey, California. (<http://edocs.nps.edu/npspubs/scholarly/TR/2008/NPS-OC-08-002.pdf>)
- Holt, M.M., Noren, D.P., Veirs, V., Emmons, C.K., Veirs, S. (2009). *J. Acoust. Soc. Am.* 125:EL27-EL32.
- Jensen, F.H., Bejder, L., Wahlberg, M., Aguilar Soto, N., Johnson, M., Madsen, P.T. (2009). *Mar Ecol Prog Ser.* Vol. 395: 161-175.
- Neumann, D.R. & Orams, M.B. (2005). *Science for Conservation* 254. New Zealand Department of Conservation.
- Oswald, J.N., Barlow, J. and Norris, T.F. (2003). *Marine Mammal Science*, 19(1): 20-37.

- Rankin, S., Oswald, J.N. and Barlow, J. (2008). *Canadian Acoustics* vol. 36 N. 1: 88-92.
- Richardson, W.J., Greene, C.R. Jr, Malme, C.I. and Thomson, D.H. (1995). *Marine mammals and noise*. Academic Press. San Diego, California, USA. pp. 576.
- Santos, M.B., Pierce, G.J., López, A., Martínez, J.A., Fernández, M.T., Ieno, E., Mente, E., Porteiro, C., Carrera, P. and Meixide, M. (2004). ICES CM 2004/THEME SESSION Q:09 (<http://www.ices.dk/products/CMdocs/2004/Q/Q0904.pdf>)
- Scullion, A. (2004). MSc Marine Mammal Science. University of Wales, Bangor. UK (<http://www.seawatchfoundation.org.uk/docs/Andrew%20Scullion%20thesis.pdf>)
- Weilgart, L.S. (2007). *Can. J. Zool.* 85: 1091-1116.

¡No te comas la cabeza!... la importancia de preservar las grasas acústicas para un delfín común (*Delphinus delphis*) en estado de inanición

Jacobo Marrero Pérez^a, Nieves G. Acosta^b, Marta Moral Cendón^a, Sara Rodríguez Ramallo^a, Covadonga Rodríguez^b, Natacha Aguilar de Soto^a

Introducción

Las buenas condiciones de transmisión de las ondas acústicas en el medio marino favorece el uso de señales sonoras en los cetáceos del suborden Odontoceti (cetáceos con dientes), que utilizan tanto para la comunicación, como para la navegación y detección de presas a través de la ecolocalización (Richardson, 1995). Los odontocetos producen sonidos gracias a un sistema neumático compuesto por un complejo sistema de sacos nasales, que funcionan como reservorios de aire para la producción acústica en condiciones de apnea. Los sonidos son producidos cuando un pequeño volumen de aire presurizado se mueve desde los sacos nasofrontales hasta los vestibulares, pasando por una estructura denominada “labios fónicos” (Ridgway & Carder, 1988). El paso de aire por los labios fónicos, en forma de microburbujas, produce la vibración de los mismos, de forma análoga a como lo hacen nuestras cuerdas vocales (Cranford, 1992). Estas vibraciones se acoplan a los tejidos grasos del melón (en el caso de los delfinidos), con una impedancia acústica similar a la del agua marina, lo que favorece la transmisión del sonido al medio. En el caso de los chasquidos de ecolocalización los sonidos salen del melón en forma de haz sonoro con una alta direccionalidad (Au, *op. cit.*). En cuanto a la recepción del sonido, los cetáceos han perdido la pinna auditiva y su meato acústico está taponado por tejido conjuntivo (Norris, 1968; Varanasi & Malins, 1971, 1972; Varanasi *et al.*, 1975; Norris & Harvey, 1974). Todas las evidencias apuntan a que los sonidos son recibidos vía un adelgazamiento en la zona posterior de la mandíbula inferior, la “ventana acústica”, y desde ahí son transmitidos por un canal de grasa intra-mandibular hasta el complejo timpanoperiótico, que contiene el oído medio e interno. En este trabajo se analiza la composición en clases lipídicas y de ácidos grasos de los tejidos adiposos del melón y de la mandíbula inferior de un delfín común adulto varado en estado de inanición. Se discuten los resultados en base a la proporción de los componentes de las grasas acústicas y de aislamiento, destacándose la importancia que tiene para los cetáceos el preservar el sistema de emisión y recepción acústica incluso en situaciones de emergencia.

^a Grupo de investigación BIOECOMAC. Universidad de La Laguna. Departamento de Biología Animal. (U.D.I. Ciencias Marinas), Universidad de La Laguna, La Laguna, 38206, Tenerife.

^b Grupo de investigación de nutrición en acuicultura. Departamento de Biología animal, Universidad de La Laguna. E.mail: orcinusjacobo@hotmail.com

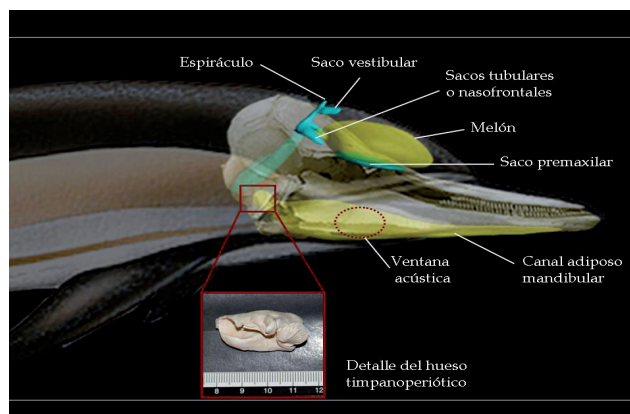


Figura 1. Esquema que muestra las estructuras anatómicas principales asociadas a la emisión y recepción acústica en el delfín común.

Material y métodos

Se tomaron muestras de tejido graso de un macho adulto de delfín común que apareció varado en los Gigantes (sur de Tenerife, Islas Canarias) el 30 de Abril de 2006 en estado fresco, de tres zonas diferentes: i) zona interna (central) del melón, ii) zona externa del melón y iii) grasa intramandibular. No se pudieron extraer muestras de grasa subcutánea, ya que el animal no presentaba rastros de esta capa, probablemente debido a su metabolización durante un periodo prolongado de inanición, ya que el tracto digestivo se encontraba lleno de restos plásticos. Las muestras fueron transportadas en frío y conservadas a -80°C hasta su análisis. Se realizaron análisis de caracterización de clases lipídicas y de composición de ácidos grasos.

La extracción de lípidos se realizó siguiendo el método descrito por Folch *et al.* (1957). Esta técnica se basa en la utilización de una mezcla de cloroformo-metanol sobre el tejido previamente descongelado y pesado. Para la determinación de las diferentes clases lipídicas se utilizó la cromatografía en placa fina de alta resolución (HPLC), utilizando dos mezclas de solventes: una que arrastra los lípidos polares y otra que arrastra los neutros. Posteriormente se procedió a su tinción con ácido cúprico, combustión a 160°C , y lectura en un densitómetro. La interpretación de los resultados se realizó en base a un patrón de clases lipídicas determinado en huevos de bacalao.

Para la determinación de la composición en ácidos grasos se procedió a la extracción de los lípidos con una mezcla de cloroformo/metanol (2:1 v/v) que contenía hidroxitolueno butilado (BHT) como antioxidante (Christie 1982). Se evaporó el solvente orgánico

bajo una atmósfera de nitrógeno y se sometieron los lípidos a una transesterificación por catálisis ácida durante 16 horas a 50 °C usando tolueno y ácido sulfúrico al 1% en metanol. Se obtuvieron así ésteres metílicos de los ácidos grasos (FAME, fatty acid methyl esters),

que fueron purificados por cromatografía en capa fina (TLC, thin layer chromatography). Finalmente estos ácidos grasos metilados fueron redisueltos en hexano, para ser separados y cuantificados posteriormente por cromatografía de gases.



Figura 2. A) Corte de la zona del melón, donde se muestran las dos zonas del melón de donde se tomaron las muestras. B) Delfín común varado del que proceden las muestras.

Resultados y discusión

Las proporciones de clases lipídicas muestran grandes similitudes entre la grasa interna del melón y la grasa mandibular (Figura 3), ambas implicadas directamente en la transmisión del sonido desde y hasta el sistema acústico del animal. En estos tipos de grasa dominan las ceras y el colesterol, normalmente asociados a una función estructural en las grasas, y que además se caracterizan por una baja temperatura de fusión. En contraste, la grasa externa del melón presenta altos valores de triglicéridos y diglicéridos, normalmente asociados a funciones de reservorio energético. A nivel de los ácidos grasos también se observan similitudes entre los dos tejidos con funciones acústicas frente a la grasa externa del melón (Figura 4). La longitud de las cadenas, el grado de insaturación y la configuración de las moléculas de ácidos grasos tienen efectos determinantes en la velocidad del sonido (Malins & Varanasi 1975), por lo que la diferencia en las proporciones de ácidos grasos entre las grasas internas del melón y de la mandíbula, con respecto a la grasa externa del melón, es consistente con una función acústica común en las dos primeras, y una función distinta de la capa de grasa externa del melón.

La grasa externa del melón realiza, en principio, una función equivalente a la capa grasa hipodérmica que rodea casi todo el cuerpo de los cetáceos. Esta capa juega una importante función en la termorregulación, de modo que la parte más externa no es normalmente movilizada con una función energética (Koopman, 1996). Es destacable que el delfín estudiado se encontraba completamente emaciado, habiendo consumido el panículo adiposo de aislamiento en todo el cuerpo excepto en la zona del melón. Se observa en la Figura 1 que esta capa de grasa externa del melón aún mantiene un grosor normal. Esto puede deberse a la importancia del aislamiento del sistema acústico de ecolocalización, del que dependen los delfinidos para su alimentación. La grasa interna del melón ha de mantener una impedancia acústica similar a la del agua, y para ello carece de tejido conjuntivo, por lo que necesita para mantener su

estructura una alta composición de colesterol y ceras. La consistencia gelatinosa de la zona interna del melón se mantiene también por estar rodeada de tejidos conjuntivos y musculares muy irrigados, pero debe requerir de la capa aislante termorreguladora. Así se observa que el delfín, incluso en una situación de inanición prolongada, no ha consumido ni las grasas acústicas ni la de aislamiento, necesarias para el funcionamiento adecuado de las mismas.

Agradecimientos

Este trabajo se ha desarrollado gracias a la red de varamientos de cetáceos Canarias realizada de forma conjunta entre la Dirección General del Medio Natural del Gobierno de Canarias, la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, SECAC y Canarias Conservación. Un especial agradecimiento al presidente de esta última don Manuel L. Carrillo Pérez, por facilitar el acceso a las muestras analizadas y por los conocimientos transmitidos.

Bibliografía

- Au, W. W. L. (1993). *The Sonar of Dolphins*. New York: Springer Verlag. 277 pp.
- Crandford, T.W. (1992). *Functional morphology of the Odontocete forehead: implications for sound generation*. PhD Thesis, University of California at Santa Cruz, Santa Cruz, CA.
- Koopman, H.N., Iverson, S.J. & Gaskin, D.E. (1996). Stratification and age-related differences in blubber fatty acids of the male harbour porpoise (*Phocoena phocoena*). *J. Comp. Physiol. B* 165(8):628-39.
- Malins, D. C. & Varanasi, U. (1975). Cetacean biosonar part II: The biochemistry of lipids in acoustic tissues. In *Biochemical and biophysical perspectives in marine biology* (eds. D.C. Malins & J. R. Sargent) Vol. 2, pp. 237-90. Academic press, London.
- Norris, K.S. (1968b). The echolocation of marine mammals. In: H.T. Andersen, ed., *The biology of marine mammals*. New York: Academic Press, pp. 391-423.
- Norris, K.S. & Harvey, G.W. (1974). Sound transmission in the porpoise

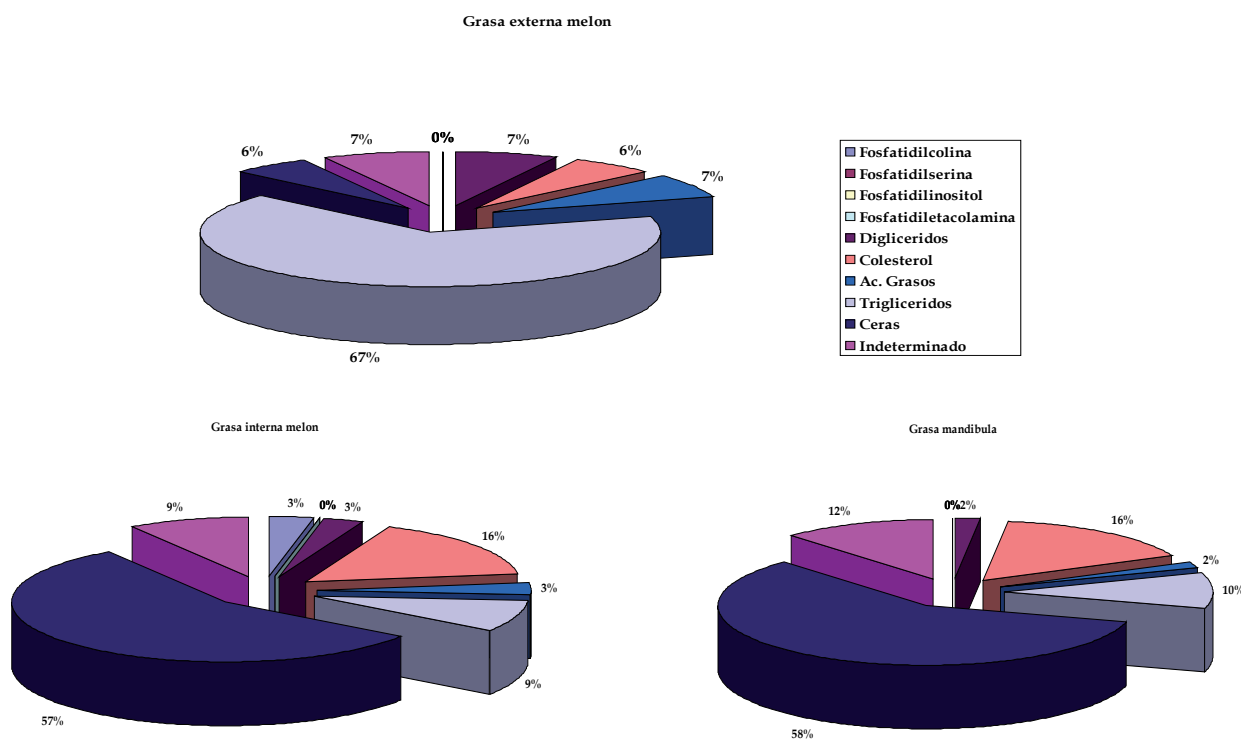


Figura 3. Diagramas de sectores que muestran las proporciones relativas en tipos lipídicos de los distintos tejidos analizados. Se puede observar que existen grandes similitudes estructurales a nivel de tipos de grasas en los tejidos con funciones acústicas (grasa melón interno y grasa mandibular). La grasa externa del melón por el contrario se diferencia claramente de estas y su alto porcentaje en triglicéridos apunta a una función parcial como reservorio de energía.

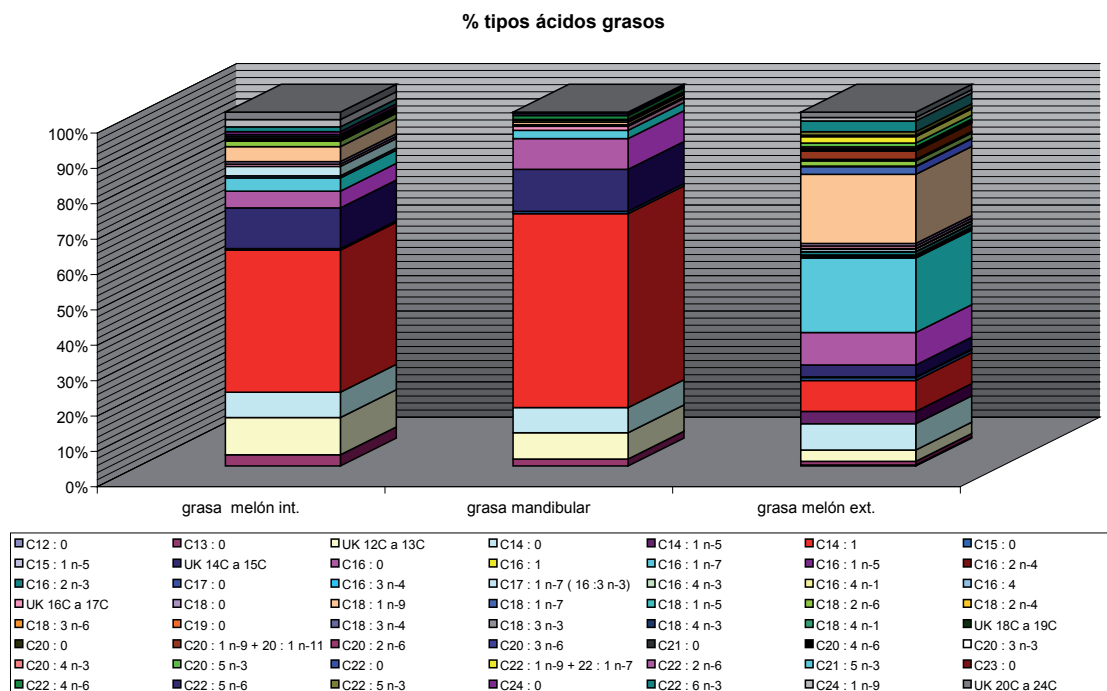


Figura 4. Diagramas de barras mostrando las proporciones relativas en ácidos grasos de los distintos tejidos analizados. Se puede observar que existen grandes similitudes estructurales a nivel de ácidos grasos en los tejidos con funciones acústicas (grasa melón interno y grasa intramandibular). La grasa externa del melón por el contrario se diferencia claramente de estas

- head. *J. Acoust. Soc. Am.* 56: 659-664.
- Richardson, W. J.; Greene, JR.; Malme C. I. & Thomson D. H. (1995). *Marine mammals and noise*. Academic Press, Inc., San Diego.
- Ridgway, S.H., & Carder, D.A. (1988). Nasal pressure and sound production in an echolocating white whale, *Delphinapterus leucas*. In: P.E. Nachtigall and P.W. B. Moore, eds., *Animal sonar: processes and performances*. New York: plenum Press, pp. 53-60.
- Varanasi, U., & Malin, D.C. (1971). Unique lipids of the porpoise (*Tursiops gilli*): differences in triacylglycerols and wax ester of acoustic (mandibular canal and melon) and blubber tissues. *Biochem. Biophys. Acta* 231: 415-418.
- Varanasi, U., & Malin, D.C. (1972). Triacylglycerols characteristics of porpoise acoustic tissues: molecular structure of diisovaleroylglycerides. *Science* 176: 926-928.

Ecological niche segregation among the North West Iberian Peninsula toothed whale species as evidenced using ecological tracers

Paula Méndez-Fernandez^{a,b,c*}, Graham J. Pierce^d, Paco Bustamante^a, Tiphaine Chouvelon^a, Marisa Ferreira^c, Angel González^e, Alfredo López^b, Fiona Read^e, M. Begoña Santos^f, Jérôme Spitz^a, José Vingada^{c,g}, Florence Caurant^a

The waters off the Northwest Iberian Peninsula (NWIP) are characterized by high marine biodiversity and productivity, supported by the nutrients made available by seasonal upwelling, and a relatively narrow (20-35 km wide) shelf. Sixteen species of cetaceans have been recorded in this very restricted area; hence, we hypothesise that niche partitioning allows their coexistence. Thus, this study aims to assess niche segregation among the five main toothed whales inhabiting this area: the common dolphin (*Delphinus delphis*), the harbour porpoise (*Phocoena phocoena*), the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*), the striped dolphin (*Stenella coeruleoalba*) and the long-finned pilot whale (*Globicephala melas*). We used cadmium (Cd) and stable isotopes ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) as ecological tracers to assess degree of segregation in diet/trophic level and in foraging habitat, over various time-scales. Cd in the liver and kidneys and stable isotopes in teeth provide information over a time-scale of several years, while stable isotopes in muscle provide information over a time-scale of several months. Carbon isotopes values highlighted different habitat and Cd results highlighted different feeding between oceanic and neritic species. Moreover, nitrogen stable isotope values suggest different trophic levels and/or foraging habitat within each species. Thus the results reveal long-term segregation among the five toothed whales that coexist in the NWIP. In addition, our results demonstrate the ability and simplicity of ecological tracers to discriminate ecological niches among closely related species in a common restricted range.

^aLittoral Environnement et Sociétés (LIENSs), UMR 7266 CNRS-ULR, 2 rue Olympe de Gouges 17042 La Rochelle Cedex 01, France
(paula.mendez_fernandez@univ-lr.fr)

^bCoordinadora para o Estudo dos Mamíferos Mariños (CEMMA), Apdo. 15, Pontevedra, 36380, Spain

^cCentro de Biologia Molecular e Ambiental (CBMA)/Sociedade Portuguesa de Vida Selvagem (SPVS), Dep. de Biologia, Universidade do Minho, Campus de Gualtar, Braga, 4710-057, Portugal

^dOceanlab, University of Aberdeen Main Street, Newburgh, Aberdeenshire, AB41 6AA, UK

^eInstituto de Investigaciones Marinas (C.S.I.C), Eduardo Cabello 6, 36208, Vigo, Spain

^fInstituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Vigo, Apdo. 1552, E-36280 Vigo, Spain

^gCentre for Environmental and Marine Studies (CESAM), Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal

Using multitable techniques for assessing the temporal and spatial variability of zooplankton data in a marine protected area

Susana Mendes^a, Sónia Cotrim Marques^b, Ulisses Miranda Azeiteiro^c, M^a José Fernández- Gómez^d, M^a Purificación Galindo-Villardón^e, Paulo Maranhão^f and Sérgio Miguel Leandro^g

In a recent ecological study of the Berlengas Natural Reserve (Portugal), a Portuguese marine protected area, (Fig. 1), Mendes et al (2011) presented the Partial Triadic Analysis (PTA) (Thioulouse and Chessel 1987; Kroonenberg 1989; Blanc et al. 1998), following the procedure described in Jaffrenou (1978). The data (originally in (Mendes et al. 2011) consist in densities of zooplankton species at 6 stations, located along a transect perpendicular to the coastline (between the Peniche coast and Berlenga islands) from February 2006 to February 2007. In their discussion of the uses and aims of PTA, it is stated that there are two possibilities for treating these data: either as a chronological series of matrices [stations x densities] (one matrix for each sampled month); or as a series of matrices [months x densities] (one matrix for each station). The authors indicated that (1) different results will be obtained according to the point of view taken, and (2) the choice between the two possibilities is strictly one of the aim of the study.

The aim of this study is to show that the data can be analyzed in such a way that both perspectives can be treated simultaneously, and in fact one can even include a third perspective by considering

the data: as a series of matrices [months x stations]. This point of view would concentrate on the spatial-temporal relations for each variable. To achieve this objective, the Mendes et al (2011) study is here revisited in order to use the Tucker3 model (Tucker 1966).

The comparison of the two methods is done on the same tridimensional matrix (species, dates and sites) comprising 50 columns and 72 rows. These data offered the possibility to study the three-dimensional array in two ways (Fig. 2): (A) the spatial variability of the zooplankton community and its dynamics in time (data were organized as a series of tables for each date, where each column corresponded to the species density and each row corresponded to a sample) and (B) the dynamic trajectories of the zooplankton community per site (data were considered as a series of tables for each site, where each column corresponded to the species density and each row corresponded to a sample).

The results will be explored from a rather practical point of view, on their respective graphical outputs and on their global properties. Additionally, advantages and disadvantages of the two methods in addressing the problem of analyzing series of tables are presented. Hence, some differences between the results of PTA and the Tucker3 model can be expected due to the different objectives of the methods. Tucker3 model is a decomposition model, which fit the original data as well as possible. It allows easier visualization of the data structure highlighting each source of variability, in particular capturing species assemblages' distribution which is common in ecological studies. Moreover it provides a better insight into data structure, since it take into account the three-dimensional structure of the data. Besides Tucker3 model reduce the noise, and shows which of the original variables are correlated and which of them are the most significant for a certain (environmental) problem description. On the other hand, PTA reveals proximities (or similarities) among the successive data tables (arranged according to different scales, time vs. space) by defining a consensus configuration. Nevertheless, both methods provided interpretable results and proved to be useful for investigating biotic structures and detecting different patterns in the temporal development and spatial distribution of zooplankton communities of the Berlengas Natural Reserve.

Also, this study demonstrated that more complex methods can lead to more compact presentations of patterns in data and improve the knowledge of the dynamics of species assemblages.

^aSchool of Tourism and Maritime Technology, Marine Resources Research Group, Polytechnic Institute of Leiria, 2520-641 Peniche, Portugal and CEF - Centre for Functional Ecology, Department of Life Sciences, University of Coimbra, Box 3046, 3001-401 Coimbra, Portugal (susana.mendes@ipleiria.pt)

^bCEF - Centre for Functional Ecology, Department of Life Sciences, University of Coimbra, Box 3046, 3001-401 Coimbra, Portugal (scotrim@ci.uc.pt)

^cUniversity Aberta, Department of Science and Technology, 4200-055 Porto, Portugal and CEF - Centre for Functional Ecology, Department of Life Sciences, University of Coimbra, Box 3046, 3001-401 Coimbra, Portugal. (ulisses@uab.pt)

^dUniversity of Salamanca, Department of Statistics, 37007 Salamanca, Spain (mjfg@usal.es)

^eUniversity of Salamanca, Department of Statistics, 37007 Salamanca, Spain (pgalindo@usal.es)

^fSchool of Tourism and Maritime Technology, Marine Resources Research Group, Polytechnic Institute of Leiria, 2520-641 Peniche, Portugal and CEF - Centre for Functional Ecology, Department of Life Sciences, University of Coimbra, Box 3046, 3001-401 Coimbra, Portugal (pmaranhao@ipleiria.pt)

^gSchool of Tourism and Maritime Technology, Marine Resources Research Group, Polytechnic Institute of Leiria, 2520-641 Peniche, Portugal (sleandro@ipleiria.pt)

References

Thioulouse J, Chessel D. 1987. Les analyses multitableaux en écologie factorielle. I. De la typologie d'état à la typologie de fonctionnement par l'analyse triadique. *Acta Oecologica, Oecologia Generalis* 8(4): 463-480.

Kroonenberg PM. 1989. The analysis of multiple tables in factorial ecology. III. Three-mode principal component analysis: "analyse triadique complète". *Acta Oecologica, Oecologia Generalis* 10(3): 245-256.

L, Chessel D, Dolédec S. 1998. Etude de la stabilité temporelle des structures spatiales par analyses d'une série de tableaux faunistiques

totalément appariés. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 348(1): 1-21.

Jaffrenou PA. 1978. Sur l'analyse des familles finies de variables vectorielles. Bases algébriques et application à la description statistique [Thèse de 3^e cycle]. Montpellier: Sciences et Technique du Languedoc, Montpellier-II.

Mendes S, Marques SC, Azeiteiro UM, Fernández-Gómez MJ, Galindo-Villardón MP, Maranhão P, et al. 2011. Zooplankton distribution in a Marine Protected Area: the Berlengas Natural Reserve (Western coast of Portugal). *Fresenius Environmental Bulletin* 20: 496-505.

Tucker LR. 1966. Some mathematical notes on 3-mode factor analysis. *Psychometrika* 31: 279-311.

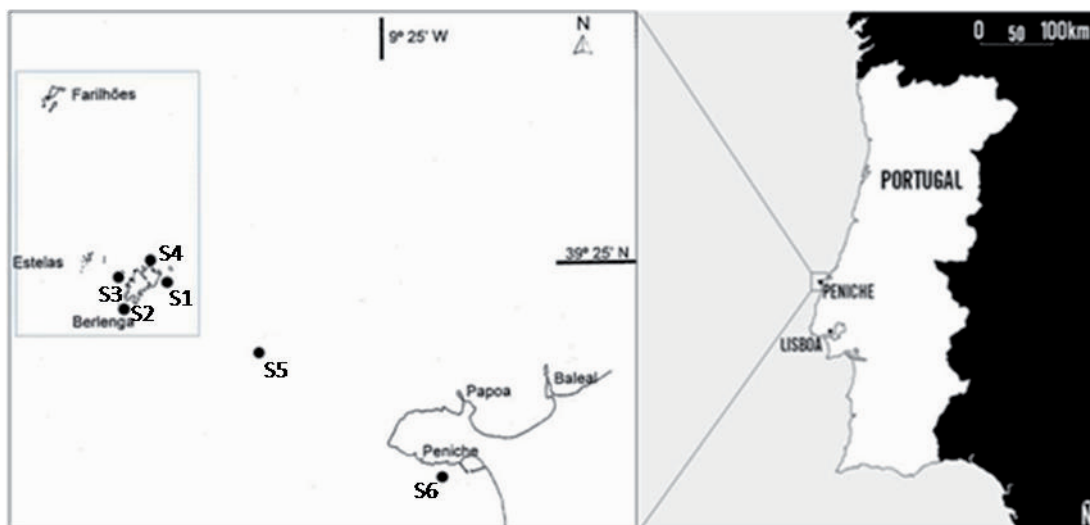


Figure 1. Map of the Berlengas Archipelago and the location of the 6 sampling sites. The rectangle represents the marine protected area

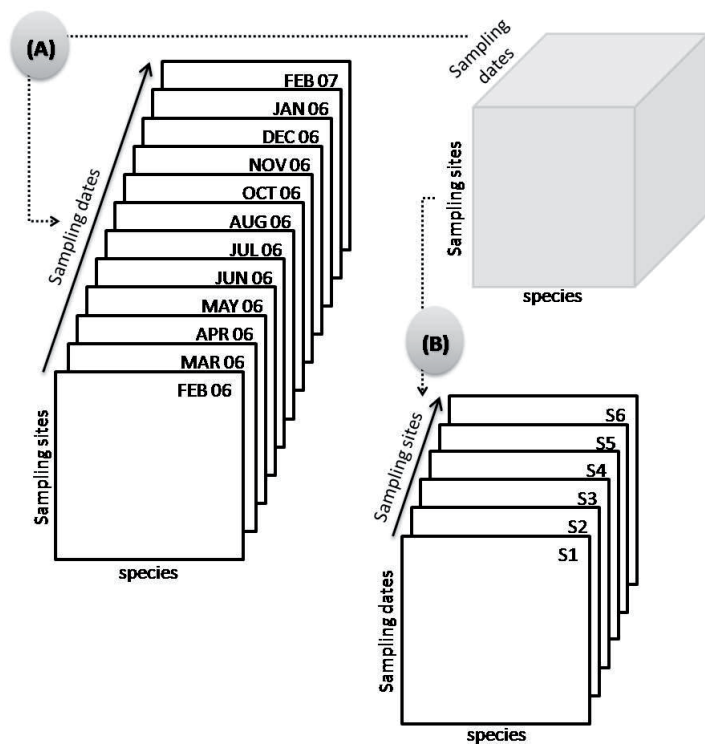


Figure 2. Tridimensional table of data (dates, sites, zooplankton density) used in the PTA and Tucker3 methods. Way (A) – Identification of a spatial structure (first mode) common to the 12 dates (third mode) and study of the temporal permanence. Way (B) – Identification of a temporal structure (first mode) common to the 6 sites (third mode) and study of the spatial permanence.