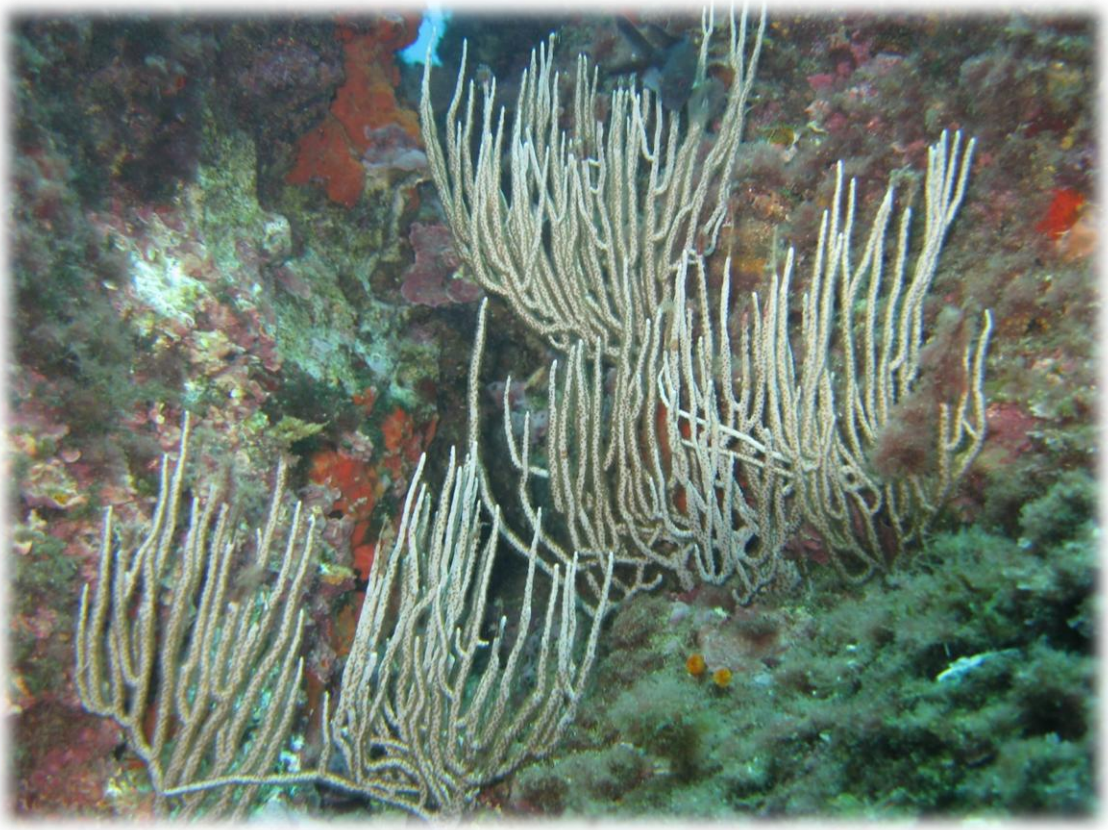
Màster en Biodiversitat



DIETA I TAXES DE CAPTURA ESTACIONALS EN *EUNICELLA SINGULARIS* ESPER. 1794

AUTOR: EDUARD LLORENTE LLURBA

DIRECTOR: RAFEL COMA BAU

TUTORA: CREU PALACÍN CABAÑAS

CENTRE/DEPARTAMENT: CMIMA-CSIC/ Dep. BIOLOGIA MARINA

DATA de PRESENTACIÓ: 7 de Setembre 2011

PORTADA: Fotografia de colònies d'*Eunicella singularis* a la zona d'estudi, Tascó Gran, dins de la reserva natural de les Illes Medes. Autor: Rafel Coma Bau

Tot el que sabem és una gota d'aigua; el que ignorem és l'oceà

Sir. Isaac Newton

Als meus pares

Projecte de recerca final del Màster oficial en Biodiversitat de la Universitat de Barcelona. Curs 2010-2011

AUTOR: Eduard Llorente Llurba

DIRECTOR: Dr. Rafel Coma Bau

TUTORA: Dra. Creu Palacín Cabañas

AGRAÏMENTS

En primer lloc vull agrair al meu director Rafel Coma Bau l'oportunitat que m'ha donat per realitzar aquest estudi i de col·laborar amb el seu projecte d'investigació, així com la seva bona direcció, interès i ajuda. Al Departament de Biologia Marina de l'Institut de Ciències del Mar de Barcelona per permetre'm investigar a les seves instal·lacions. A la investigadora Dr. Marta Ribes, per la gran ajuda i els comentaris i crítiques constructives que m'han ajudat a millorar notablement aquest manuscrit. Vull agrair també a totes les persones que he conegut al Departament de Biologia Marina els ànims i l'atenció donada durant aquest any, especialment a Carlos, Jordi, Juancho i Elisabet. També al Dr. Andrea Gori per haver-me proporcionat informació i articles que han ajudat a millorar aquest treball. A Eduard Serrano per haver ajudat a recol·lectar les mostres a l'aigua. I a Maxi, que sense la seva feina no s'haguessin pogut dur a terme els experiments de forma correcte.

Dedico i agraeixo aquest treball a la meva família, i especialment als meus pares pels seus ànims, suport, orientació i paciència durant tots aquests anys de Llicenciatura i Màster, i sobretot per la confiança dipositada en mi.

A tots els meus amics que durant aquests anys hem recorregut junts aquest camí Enric, Albert, Núria, Mireia... i especialment a en Demi i Eudald perquè sense el vostre suport i amistat ara no escriuria aquestes línies.

Finalment, vull agrair especialment a Núria la seva paciència, interès i comentaris amables i encoratjadors que m'han donat suport durant tot aquest any i que han estat molt importants per mi.

A tots, gràcies.

CONTINGUTS

ABSTRACT 2

1. INTRODUCCIÓ 3

1.1 Sobre *Eunicella singularis* 3

1.2 Variabilitat ambiental a la Mar Mediterrània 5

1.3 Objectius 5

2. MATERIALS I MÈTODES 7

2.1 Anàlisi de continguts mensuals i diaris 7

2.2 Temps de digestió de preses 8

2.3 Taxa de captura 8

2.4 Tests estadístics 8

2.5 Càlcul de la biomassa de les preses 9

3. RESULTATS 10

3.1 Variació diària a la dieta 10

3.2 Alimentació sobre zooplàncton 10

3.3 Temps de digestió de les preses 14

3.4 Taxa de captura de preses 16

4. DISCUSSIÓ 18

4.1 Dieta de zooplàncton 18

4.2 Continguts digestius 18

4.3 Temps de digestió de preses 20

4.4 Taxa de captura de preses i ingesta d'espècies 21

5. CONCLUSIONS 23

6. DE CARA A ALTRES ESTUDIS 24

7. BIBLIOGRAFIA 26

ABSTRACT

Notably importance has been given to active filter feeders due its large trophic impact on plankton. However, it seems that there is an increasing role of passive filter feeders in plankton-benthos coupling. Temporal variability on zooplankton prey was examined for the white sea fan *Eunicella singularis* with the aim to improve our knowledge about energy fluxes in temperate seas. The prey capture was assessed by the examinations of gastrovascular contents from colonies collected every month during 8 months. Digestion time was examined among the natural temperature range within the study area. The main prey items found sized between 50 - 400µm. Prey items featured as low mobile zooplankton (e.g invertebrate eggs) and particulate organic matter (POC) shaped as pellets. The prey larger than 400µm accounted for the 57% of prey biomass. Digestion time was only assessed at 13ºC, for the temperatures 17ºC and 21ºC diminishing digestion time rate found in *Leptogorgia sarmentosa* was used in order to calculate the digestion time of *E.singularis*. Ingestion rate in terms of biomass (µgC/polyp and hour) showed differences among seasons, but ingestion rate was higher on spring (0,0083±0,0022 µgC/polyp and hour, mean±SE). Those observations show the importance to take into account temperature variations to calculate the digestion time in temperate seas. And reinforce the evidence that there is a marked seasonality in prey capture which could have significative effects on the energy budget of *Eunicella singularis.*

Durant els últims anys els suspensívors filtradors actius se'ls hi ha donat una gran importància per l'impacte tròfic que produeixen sobre el plàncton. Tot i així, els filtradors passius sembla que cada cop tenen un rol més significatiu en la relació plàncton-bentos. Per tal de millorar el nostre coneixement dels fluxos energètics en ecosistemes marins temperats, s'ha examinat la variabilitat temporal en les preses de zooplàncton de la gorgònia blanca mediterrània *Eunicella singularis*. La captura de preses es va examinar a partir dels continguts estomacals de colònies recol·lectades cada mes durant 8 mesos. El temps de digestió del zooplàncton va ser examinat dins del rang de temperatures on habita l'espècie a la zona d'estudi. La majoria de preses capturades eren de petita mida (d'entre 50 a 400µm), zooplàncton poc mòbil (ous d'invertebrat) i pelets de matèria orgànica particulada. Tot i això les preses de mida superior de 400µm comptaven per un 57% de la biomassa de preses. El temps de digestió es va mesurar a 13ºC, i es van utilitzar les taxes de disminució del temps de digestió trobades per a *Leptogorgia sarmentosa* per tal de estimar el temps de digestió a 17 i 21ºC. La taxa d'ingestió en termes de biomassa (µgC/pòlip i hora) mostraven diferències entre estacions, però la taxa d'ingesta més alta era durant la primavera (0,0083±0,0022 µgC/pòlip i hora, mitjana±SE). Aquestes observacions mostren la importància de tenir en compte la temperatura per tal d'aconseguir els temps de digestió en mars temperats. I afirmen que existeix una estacionalitat molt marcada en la captura de preses que pot tenir efectes significatius sobre l'estratègia energètica d'*Eunicella singularis.*

1. INTRODUCCIÓ

1.1 Sobre *Eunicella singularis*

Eunicella singularis (Esper, 1794) pertany a l'ordre dels gorgonacis (Cnidaria: Octocorallia), i és de les gorgònies més abundants al Oest de la conca del Mediterrani. La seva distribució batimètrica comprèn dels 15 a 50 metres de fondària (Gori et al. 2011). Habita els fons de coral·lígen, ecosistema particular del Mediterrani format per algues calcàries que creen estructura espacial i substrat on s'hi assenten altres organismes. *E. singularis* viu tant a la franja més il·luminada i superficial del coral·lígen dominada per algues fotòfiles, com al coral·lígen de fondària on els animals suspensívors, esponges, briozous i antozous, són els organismes que caracteritzen la comunitat (Fig. 1).

L' estructura tridimensional de les gorgònies els permet deixar enrere les dues dimensions que normalment caracteritzen la majoria de comunitats bentòniques, d'aquesta manera poden capturar de forma més eficient el sèston que els envolta. En definitiva, les gorgònies són components de la comunitat molt importants per entendre els fluxos d'energia i matèria entre el plàncton i el bentos.

Eunicella singularis presenta dos morfotips diferents segons la fondària que habiti: el morfotip d'aigües someres amb colònies en forma de canelobre i amb un color blanc grisós a causa de la presència d'algues simbionts (Gori et al., 2011); i el morfotip de més fondària, amb colònies que viuen a més de 35 metres, de morfologia variable i de color blanc brillant ja que no presenten simbiosi amb zooxantel·les. La població localitzada a la zona superficial és la que s'ha estudiat en aquest treball, ja que és pot accedir a ella de forma senzilla amb escafandre autònom

És una espècie gonocòrica i iteròpara (si bé s'han trobat colònies hermafrodites, la seva presència no és quantitativament important dins de la població, Ribes et al.2007). Es reprodueix anualment i mostra un patró estacional de gametogènesi caracteritzat per una única maduració anual dels gàmetes. La raó de sexes no difereix significativament de 1:1. La oogènesi dura de 13 a 17 mesos, comença entre febrer i juny. El diàmetre dels òocits és mou entre 450-860µm. L'espècie té fecundació interna, els espermatozoides emesos al mar entren per les obertures orals en direcció a les cavitats corporals dels pòlips de la colònia femella (Ribes et al. 2007). La segmentació del zigot és holoblàstica i ocorre també a l'interior de la cavitat corporal dels pòlips de la colònia femella. L'espècie emet de l'ordre de 0,7 plànules per pòlip entre finals de

maig i juny de l'any següent a l'inici de la seva oogènesis (Weinberg & Weinberg 1979, Ribes et al. 2007).

Els estudis fins ara suggereixen que la taxa de creixement oscil·la entre 8 a 30 mm l'any (Weinberg & Weinberg 1979). Tot i així, cal tenir en compte que durant el creixement la capacitat de captura incrementa i que l'abrasió dels teixit vius es torna menys important, d'aquesta manera les taxes de creixement poden augmentar amb l'edat de la colònia. No s'han reportat senyals d'envelliment ni de mort natural per edat en *Eunicella singularis*, per tant es suggereix que les causes de mort poden ser per depredadors i paràsits, o per efectes naturals com ara fort hidrodinamisme que arrenqui les colònies del seu substrat (Gori et al. 2011; Weinberg 1979). En els darrers anys l'espècie al Mediterrani nord occidental s'ha vist afectada per diversos episodis de mortalitat en massa relacionats amb anomalies climàtiques (Coma et al. 2006, Coma et al. 2009, Garrabou et al.2009).

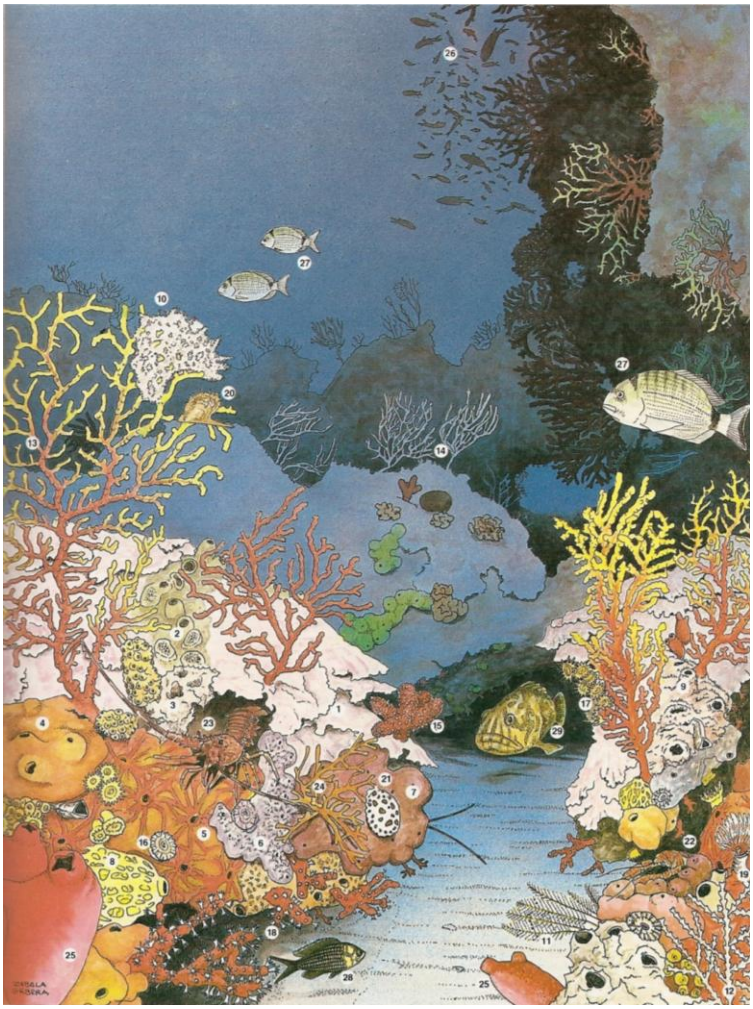


Fig. 1 Representació idealitzada de la comunitat de coral·ligen de fondària sobre substrat rocós a les Illes Medes. Comunitat dominada per filtradors passius bentònics, entre els més conspicus hi destaquen els octocoralls: *Paramunicea clavata* (13) , *Eunicella singularis* (14) i *Corallium rubrum* (18). Font: *HNPC* Vol. Invertebrats no artròpodes.

Les poblacions d'*E. singularis* es caracteritzen per individus de vida llarga (amb baixa taxa de renovació). Tot i això, presenta una alta taxa de reclutament larvari i molta mortalitat juvenil, fet característic d'estrategues de la r (Weinberg & Weinberg 1979, Linares et al. 2008).

1.2 Variabilitat ambiental a la Mar Mediterrània

Un nombre creixent d'estudis sobre el cicle vital de suspensívors bentònics al Mar Mediterrani (ascídies, bivalves i antozous) mostren que la reproducció i la taxa de

creixement és alta a finals d'hivern i primavera. Durant l'estiu aquestes taxes decreixen i algunes d'aquestes espècies entren en dormició estival o estivació. Aquest fet contrasta amb el patró poblacional observat als mars freds temperats, on la hibernació i l'activitat durant l'estiu són fets comuns. La temperatura i especialment la disponibilitat d'aliment s'han identificat com a factors ambientals crucials afectant la dinàmica anual de un bon nombre de suspensívors bentònics (Coma et al. 2000).

Al Mediterrani el refredament hivernal afavoreix la barreja vertical d'aigües que duen nutrients a la superfície provinents de les aigües a més fondària. Els blooms de fitoplàncton ocorren entre l'hivern i la primavera quan les aigües superficials comencen a estabilitzar-se però encara hi ha nutrients disponibles, i també durant principis de tardor al inici del període de barreja. Aquesta forta estacionalitat de la producció primària marca intensament la dieta dels suspensívors que habiten el bentos. L'augment de la temperatura de l'aigua per la forta irradiació solar a l'estiu fa que la columna d'aigua quedi estratificada, causant una disminució severa de partícules en suspensió durant l'estiu. La manca de barreja amb les aigües fondes porta a que els nutrients s'exhaureixin de la capa superficial per sota de la termoclina.

Els processos estivals esmentats anteriorment provoquen una forta constricció als organismes que habiten aquestes aigües, especialment als suspensívors bentònics, que han de sobreviure amb les reserves energètiques acumulades durant altres èpoques de l'any més favorables o reduir la seva despesa energètica.

1.3 Objectius

Així doncs, a partir de l'anàlisi mensual de la dieta d'*Eunicella singularis* , de la observació de continguts digestius, es pretén conèixer la fluctuació de la disponibilitat d'aliment durant l'any per tal d'aportar una peça més al coneixement de la dinàmica tròfica del sistema litoral mediterrani. Que, en el cas de l'espècie d'estudi adquireix prou importància a causa de la seva presència abundant als fons litorals rocosos de les nostres costes.

D'altra banda el càlcul del temps de digestió ens permetrà identificar la taxa de captura i ingestió d'*Eunicella singularis*. Aquest estudi aporta dades crucials que posteriorment, en altres treballs, s'utilitzaran per conèixer l'impacte d'aquesta espècie sobre el zooplàncton a la zona d'estudi. Estudis com aquest permeten conèixer la capacitat depredadora dels filtradors bentònics sobre el plàncton, en el cas per exemple de *Paramunicea clavata* s'ha vist que la depredació sobre el plàncton és molt alta. S'ha estimat que en una població de 32 colònies m^{-2} , la taxa de captura rondava entre

150.000 a 1 milió de preses per metre quadrat dia, és a dir, a l'equivalent d'extreure entre 12 i 85 mgC/m^2 al dia del plàncton (Coma et al. 1994). D'aquesta manera es pot veure que les gorgònies, així com altres zooplanctívors tenen un efecte important en la xarxa tròfica litoral, en concret, el pas d'energia entre plàncton i bentos. Tot i així, cal prendre aquestes conclusions com a preliminars ja que la gran variabilitat de la taxa de captura de preses i de les condicions del propi litoral fan que siguin necessaris estudis de més espècies per tal de comparar resultats i comprovar si aquest efecte és un patró general.

Els objectius del treball són: 1. Conèixer quina és la dieta d'*Eunicella singularis* i com varia en un cicle diari i en les estacions mostrejades. 2. Conèixer el temps de digestió d'*Eunicella singularis* i 3. Conèixer les taxes de captura i ingestó durant les estacions mostrejades i interpretar-ne les possibles causes de variació.

2. MATERIALS I MÈTODES

Les colònies d'*Eunicella singularis* estudiades es troben localitzades a les Illes Medes (Fig. 2). Al Tascó Gran, dins de l'àrea protegida de les Illes Medes (NO Mar Mediterrani; 43º2'30''N; 3º13'30''E) a 4 i 35 metres de fondària sobre una àrea de aproximadament 15.000 metres quadrats. Les mostres van ser recol·lectades amb escafandre autònom a la fondària on l'espècie exhibeix la densitat més alta (47 colònies m^{-2} entre 15 i 20 metres, Coma et al. dades no publicades).

Fig. 2 Àrea d'estudi a les Illes Medes (43º2'30''N, 3º13''30''E), Costa Brava, Catalunya. Fletxa vermella indica la zona on es troba *E.singularis,* Tascó Gran, entre 15 i 20m.

2.1 Anàlisi de continguts mensuals i diaris

L'alimentació sobre zooplàncton ha estat estudiada a partir de l'examen de continguts digestius dels pòlips presents en fragments apicals de colònies.

Les colònies d'*Eunicella singularis* van ser recol·lectades mensualment des de Desembre 2010 fins al Juliol 2011. Les mostres van ser recol·lectades durant el mateix període de temps per evitar possibles canvis circadians en la ingestió. Cada mostra consisteix en un fragment apical recol·lectat (tallat) de 10 colònies grans seleccionades a l'atzar. Immediatament després de la recol·lecció, els fragments es posen en formaldehid al 10% per evitar una posterior digestió.

Els continguts de 50 pòlips seleccionats a l'atzar per cada mostra (5 per cada colònia) varen ser examinats mitjançant la dissecció de cada pòlip sota la lupa binocular. Es va identificar tipus i el nombre de preses presents a cada pòlip fins al nivell taxonòmic més acurat possible. La longitud i l'amplada de totes les preses també va ser mesurada sota la lupa binocular.

La pauta diària d'ingestió ha estat estudiada a partir de mostres recol·lectades el mes de Març de 1998. Durant el qual un fragment apical va ser tallat de 5 colònies diferents cada 4 hores al llarg d'un període de 24 hores. Deu pòlips de cadascuna de les colònies varen ser examinats amb la mateixa metodologia que per a l'estudi dels continguts mensuals.

2.2 Temps de digestió de preses

L'experiment de digestió es va dur a terme el dia 31 de Març de 2011. Un fragment apical va ser recol·lectat de 130 colònies diferents d'*Eunicella singularis* escollides a l'atzar quan el mar es trobava a una temperatura de 13ºC. Deu fragments es van fixar immediatament amb aigua de mar al 10% de formaldehid. Els 120 fragments restants es col·locaren dins de 12 pots amb aigua filtrada. A intervals de 1 hora es varen anar fixant els 12 pots fins que havien passat 13 h des del moment de la recollida.

Posteriorment, s'examinaren els continguts de la mateixa manera que a les col·leccions de camp. Per falta de temps s'ha examinat les mostres corresponents a 7 intervals del temps de l'experiment de digestió (inicial, 2h, 4h, 6h, 8h, 10h i 12 h).

2.3 Taxa de captura de preses

La taxa de captura de zooplàncton, expressada com el nombre de preses capturades per pòlip i hora, ha estat calculada utilitzant l'equació (Coma et al. 1994):

$$C = N\left[\sum_{t=0}^{D} 1 - (\frac{t}{D})\right]^{-1}$$

On C és el nombre de preses capturades per pòlip i hora, N és el nombre preses per pòlip, t és el temps (en hores) i D és el temps de digestió (en hores).

2.4 Tests estadístics

Les assumpcions de normalitat i homoscedasticitat en tots els casos han estat testades amb l'estadístic Kolomogrov-Smirnov i el test de Levene respectivament.

Per a l'estudi de la variació del nombre de preses per pòlip amb el temps ni les assumpcions de normalitat ni homoscedasticitat eren satisfactòries. Aleshores, es varen agrupar les dades a nivell d'estació (Hivern: des., gen, feb; Primavera: març, abril, maig; Estiu: juny, juliol) i s'han transformat a arrel quadrada. D'aquesta manera es va aconseguir homogeneïtat de la variança, però no distribució normal. Per tant, no

varem poder analitzar les dades amb un test paramètric, com ara ANOVA, si no que ho varem analitzar amb un test no paramètric, en aquests cas Median Test.

En el cas de la variació de continguts durant el cicle diari, la variable preses/pòlip no seguia una distribució normal. Per tal d'aconseguir la normalitat de la variable es transformaren les dades a logaritme (X+1). En aquest cas, la variable presentava homogeneïtat de la variància. Finalment, es va examinar si la variable preses/pòlip presentava diferències en funció de l'hora del dia amb un test ANOVA.

Amb el mateix procediment descrit per a la variable preses per pòlip, s'han treballat les variables: taxa de captura de preses (preses/pòlip·hora) i mida preses (µm), en l'última variable però, s'ha procedit a la transformació logarítmica de les dades.

Per tal de testar les diferències de la taxa d'ingestió (µgC/pòlip·hora) de les estacions mostrejades, s'ha utilitzat un test paramètric ANOVA de dos factors encaixats (mesos dins estacions). Per detectar possibles relacions entre les estacions s'ha analitzat amb el test Post-hoc de Scheffe.

2.5 Càlcul de la biomassa de les preses

La biomassa de les preses va ser estimada a partir del seu biovolum (Sebens & Koehl 1984) utilitzant factors de conversió pel pes fresc (1.025; Hall et al. 1970), pes sec (13% del pes humit; Biswas & Biswas 1979), mirar taula de conversió extreta de Coma et al. 1994.

	Llargada mitjana	Amplada mitjana	Fondària mitjana	Volum mitja	FW	DW	C
Nauplii	144	117	55	0.48	0.49	0.06	0.03
Ous invertebrat	100	-	-	0.53	0.54	0.07	0.04
Larves invertebrat	180	70	70	0.46	0.47	0.06	0.03
Larves de bivalve	243	170	95	2.05	2.10	0.27	0.14
Copèpodes	495	200	90	4.67	4.78	0.62	0.31
Ous de copèpode	117	-	-	0.85	0.87	0.11	0.06
Fragments crustaci	253	133	45	0.79	0.81	0.11	0.05
POM	105	-	-	0.60	0.62	0.08	0.04
Fitoplàncton	353	100	50	0.93	0.95	0.12	0.06
Protozous	480	50	50	0.63	0.64	0.08	0.04
No identificat	247	70	50	0.45	0.46	0.06	0.03

Taula 1. *Eunicella singularis.* Preses capturades, es mostra la conversió de la mitjana dels valors biomètrics en µm a volum (mm^3x10^{-3}), pes fresc (FW, µg; pes específc=1,025gcm^{-3}), pes sec (DW, µg; 13% del pes fresc) i pes en carboni orgànic (C, µg; 50% del pes sec). POM: matèria orgànica particulada.

3. RESULTATS

3.1 Variació diària a la dieta

La Taula 2 mostra el resultat de l'anàlisi dels continguts de l'espècie examinats al llarg del cicle diari. Aquest anàlisi inclou el tipus de preses, el percentatge de pòlips plens, el nombre de preses per pòlip i la conversió d'aquestes preses en biomassa (µgC/pòlip). El nombre de preses capturades per pòlip es va mantenir constant durant el cicle diari ($F_{4,20}$= 1,1515, p=0,3615) (Fig. 3). La mitjana del nombre de preses per pòlip al llarg d'aquest cicle va ser de 0,25±0,21 preses/pòlip (mitjana±SD). Més de la meitat del total de preses corresponen a ous d'invertebrat (53% del total de preses, Taula 2). El 33% de les preses corresponen a pellets de matèria orgànica particulada (POM). Els fragments de crustaci varen representar un 10% del total de preses capturades.

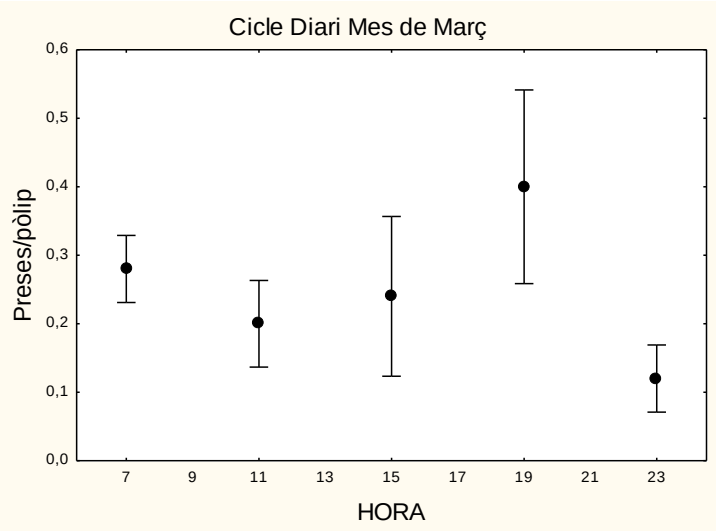


Fig. 3 *Eunicella singularis*. Variació en la mitjana (±error estàndard) nombre de preses per pòlip sobre el cicle diari.

3.2 Alimentació sobre zooplàncton

La majoria de preses trobades a la cavitat gastrovascular de *Eunicella singularis* pertanyen al zooplàncton (Taula 3). La metodologia d'estudiar la ingesta de l'espècie a traves de l'estudi dels continguts no estima bé la captura del fitoplàncton. El fitoplàncton i preses més petites necessiten altres sistemes per quantificar-lo (Ribes et al.1998, Ribes et al. 1999, Ribes et al. 2003). Les preses més abundants són els ous d'invertebrat, aquests contaven per un 38,03% del total d'ítems capturats durant els mesos examinats.

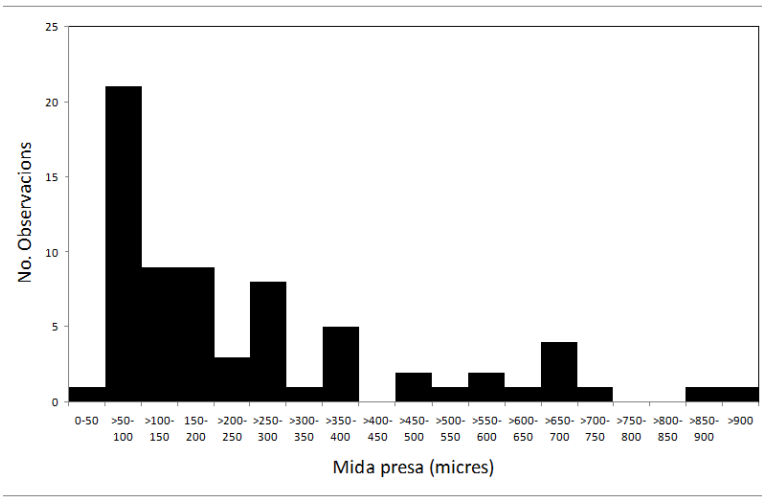


Fig. 4 Distribució de mides (llargada màxima en µm) de totes les preses observades als continguts gastrovasculars de *Eunicella singularis* durant les estacions mostrejades (400 pòlips); *N*=71

D'altra banda la matèria orgànica particulada en forma de pelets, contava per un 21,3% del total d'ítems trobats. Ara bé cal destacar la importància dels copèpodes amb més d'un 18% del total de preses capturades. Per altra banda, les larves de bivalva que en el cas d'altres espècies de gorgònia com *Leptogorgia sarmentosa* són importants (Rossi et al. 2004), aquí només aportaven un 9,86% del total d'ítems capturats.

E.singularis s'alimenta de preses amb un rang de mides de menys de 50 a més de 900µm (Fig. 4). Però, el 80% de les preses mesuraven entre 50 i 400µm.

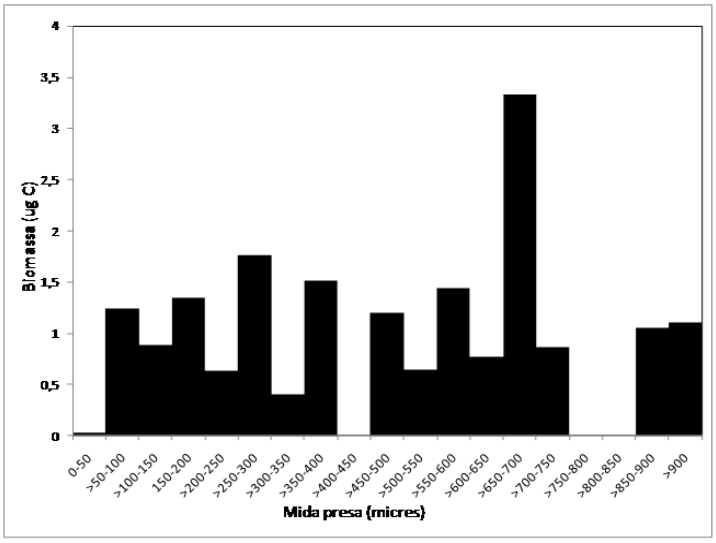


Fig. 5 Distribució de l'espectre de mides (llargada màxima en µm) respecte la biomassa de preses (µgC) durant les estacions mostrejades.

Només el 19% de les preses presenten una mida superior a 400µm fins a un màxim de 920 µm. Tot i així, el 57% de la biomassa correspon a preses que es troben en una mida superior de 400µm, corresponent a copèpodes i restes d'altres crustacis (Fig. 5). El nombre de preses per pòlip es mou entre 0,06 fins a 0,60 preses/pòlip (gener i març, respectivament). La mitjana dels mesos mostrejats es troba en 0,2 preses/pòlip amb una desviació estàndard poblacional de ±0,22, fet que mostra una gran variabilitat en el nombre de preses per pòlip.

El nombre de preses per pòlip a la cavitat gastrovascular de *E.singularis* exhibeix un patró marcat de variació estacional (Fig. 6), per a les tres estacions mostrejades (Chi square=6,2126, *df*=2, *P*=0,045). Durant l'hivern i l'estiu la relació mitja de preses per pòlip és de 0,15±0,03 (mitjana ±SE) i 0,19±0,04 (mitjana±SE) preses/pòlip respectivament. A la primavera és de 0,29±0,06 preses/pòlip.

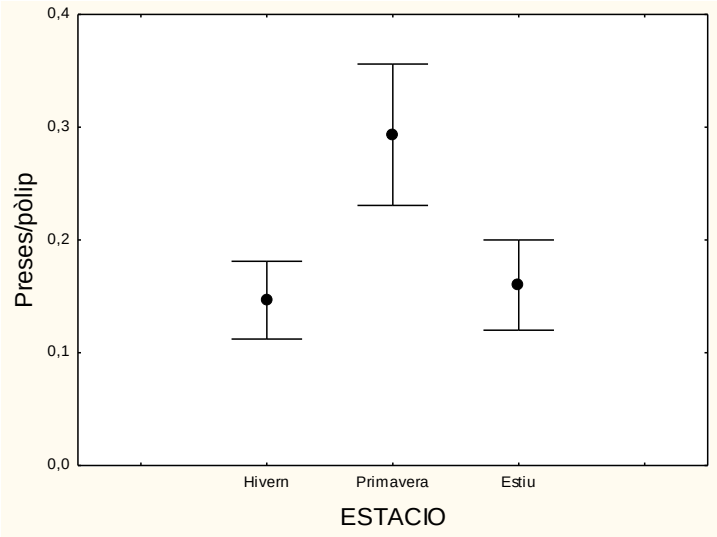


Fig. 6 *Eunicella singularis*. Variació en la mitjana (±error estàndard) del nombre de preses per pòlip durant les estacions: Hivern, Primavera i Estiu (excepte mes d'agost).

Taula 2. *Eunicella singularis*. Nombre i tipus de preses capturades durant el cicle diari (28 març, 7:00-23:00 hores), nombre total de continguts gastrovasculars observats en 250 pòlips examinats (50 per mostra) i la taxa mitjana d'ingestió de carboni per cada mostra (µgC/polyp). (*full polyp number:* nombre de pòlips amb preses a l'interior; *POM* matèria orgànica particulada).

Tipus de presa	**28 Març** 7:00	**28 Març** 11:00	**28 Març** 15:00	**28 Març** 19:00	**28 Març** 23:00	N	%
Phytoplankton						0	0,0
Invertebrate eggs	2	2	4	8		16	53,3
Nauplii						0	0,0
Bivalve larvae						0	0,0
Bivalve larvae fragments						0	0,0
Unidentified						0	0,0
Invertebrate larve						0	0,0
POM (pellets)	4	2	2	1	1	10	33,3
Crustacean fragment	1			1	1	3	10,0
Crustacean larvae						0	0,0
Protozoa (Tinntinidae)						0	0,0
Protozoa fragments						0	0,0
Copepod eggs						0	0,0
Copepod fragment						0	0,0
Copepods		1				1	3,3
Total prey	7	5	6	10	2	30	100
Full polyp number	7	5	5	9	3		
%	14	10	10	18	6		
Nºprey/polyp							
Mean	0,28	0,20	0,24	0,40	0,12		
SD	0,11	0,14	0,26	0,32	0,11		
ugC/polyp							
Mean	0,04	0,03	0,02	0,02	0,03		
SD	0,02	0,03	0,03	0,03	0,06		
Nºpolyps observed	50	50	50	50	50		

Taula 3. *Eunicella singularis.* Nombre i tipus de preses capturades durant el període mostrejat (Desembre 2010- Juliol 2011), nombre total de continguts gastrovasculars observats en 400 pòlips examinats (50 per mostra) i la taxa mitjana d'ingestió de carboni per cada mostra (µgC/polyp). (*full polyp number:* nombre de pòlips amb preses a l'interior; *POM* matèria orgànica particulada).

Tipus de presa	Des 2010	Gen 2011	Feb 2011	Març 2011	Abril 2011	Maig 2011	Juny 2011	Juliol 2011	N	%
Phytoplankton									0	0,00
Invertebrate eggs	1	2		2	1	6	7	8	27	38,03
Nauplii									0	0,00
Bivalve larvae			1	2	4				7	9,86
Bivalve larvae fragments			1						1	1,41
Unidentified									0	0,00
Invertebrate larve									0	0,00
POM (pellets)	6		2	6	1				15	21,13
Crustacean fragment	3					1			4	5,63
Crustacean larvae	1								1	1,41
Protozoa (Tinntinidae)					1			1	2	2,82
Protozoa fragments									0	0,00
Copepod eggs					1				1	1,41
Copepod fragment				6					6	8,45
Copepods			1	6					7	9,86
Total prey	11	2	5	22	8	7	7	9	71	100
Full polyp number	9	2	5	17	8	5	7	9		
%	18	4	10	34	16	10	14	18		
Nºprey/polyp										
Mean	0,22	0,06	0,16	0,60	0,16	0,12	0,14	0,18		
SD	0,24	0,10	0,18	0,39	0,18	0,19	0,21	0,15		
ugC/polyp										
Mean	0,06	0,01	0,06	0,25	0,03	0,03	0,01	0,01		
SD	0,07	0,01	0,08	0,17	0,03	0,07	0,01	0,01		
Nºpolyps observed	50	50	50	50	50	50	50	50		

3.3 Temps de digestió de les preses

El temps de digestió és un element imprescindible i crucial per estimar les taxes d'ingestió a partir dels continguts digestius.

Donat que el temps de digestió es veu afectat per la temperatura i només s'ha pogut mesura quan l'aigua del mar es trobava a 13ºC, preliminarment s'han utilitzat com a referència la pauta que el temps de digestió mostra enfront de la temperatura documentada en una altre espècie de gorgònia en un estudi anterior (*Leptogorgia sarmentosa,* Rossi et al. 2004).

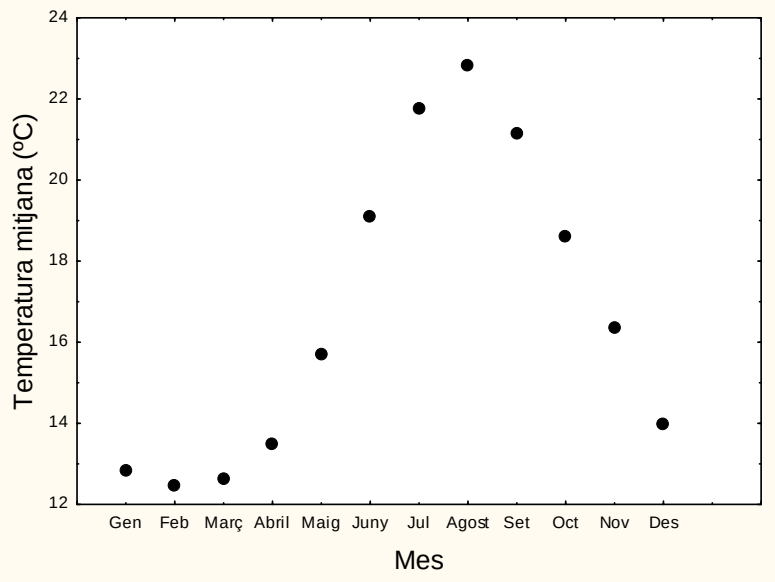


Fig. 7. Temperatura mitjana de cada mes de l'any a 20 m de fondària a la zona d'estiu (dades promig de 1969 a 2008, dades Josep Pascual).

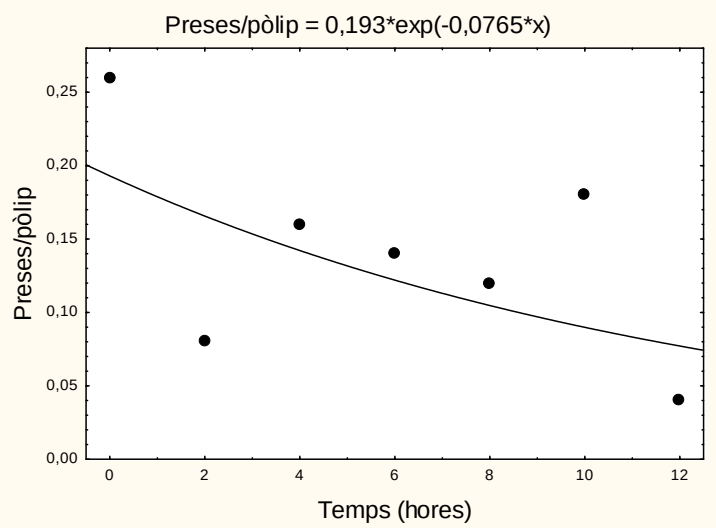


Fig. 8 *Eunicella singularis.* Digestió de preses. Decreixement exponencial del nombre de preses per pòlip en el temps (hores) a la temperatura de 13ºC. La pendent mostra una taxa de digestió d'un 7,6% (≈8%) de les preses dins dels pòlips cada hora.

El temps de digestió s'ha calculat a partir de la pendent que el nombre de preses per pòlip mostra en el temps. De totes les preses trobades en l'estudi del temps de digestió (56 preses), el darrer 10% varen ser fragments de ciliats i lòriques de tintínids, que són molt difícils de digerir i el seu temps de digestió no és representatiu del total de preses. Per tant, si s'aplica el temps de digestió per aquestes preses poc digeribles per al total de preses, pot resultar en una sobreestimació del temps de digestió (Rossi et al., 2004). Així doncs, per calcular la taxa de captura i ingestió de preses, s'ha utilitzat el temps de digestió representatiu de la majoria de preses (és a dir, el corresponent al 90% del total de preses digerides, corresponent al coeficient 0,10).

El coeficient 0,10 és el valor corresponent al terme e^{bx} de la regressió exponencial (fig. 8), on *b* és la pendent i *x* és el temps (en hores). El coeficient 0,10 mostra el temps en el qual el nombre de preses per pòlip correspon al 10% del nombre inicial de preses per pòlip. Per tant, el temps al qual el 90% de les preses han estat digerides (coeficient 0,10). A 13ºC el temps de digestió dels pòlips de *Eunicella singularis* va ser de 25 hores.

De forma provisional, tal com s'ha comentat anteriorment, es fa servir la taxa de disminució del temps de digestió en augmentar la temperatura observada a *Leptogorgia sarmentosa*. De 13 a 17ºC la taxa disminueix un 40%, per tant em utilitzat un temps de digestió de 15 hores pels pòlips d'*E.singularis* a 17ºC. De 17 a 21ºC la taxa disminueix un 33,3% i per tant utilitzem un temps de digestió de 10 hores pels pòlips d'*E.singularis* a 21ºC. Varem fer servir la temperatura mitjana de cada mes a 20 m de fondària per aplicar, a cada mes, el temps de digestió que més se li ajustava. Per aquest càlcul es varen fer servir les temperatures mitjanes al llarg del cicle anual dels servei meteorològic de l'Estartit recollides pel senyor Josep Pascual (Fig. 7). La taxa de digestió a les diferents temperatures ens permet posar la component de temps al nombre de preses per pòlip a traves d'aplicar l'equació esmentada a la metodologia. Això ens permet transformar els continguts estomacals de l'espècie en una taxa de captura de preses (preses/pòlip i hora).

3.4 Taxa de captura de preses

La taxa de captura de zooplàncton (el nombre de preses capturades per pòlip i hora) presenta diferències significatives entre les estacions analitzades (Fig. 9a), però cal tenir en compte que encara falten les dades del mes d'agost (Chi-square=13,5531, *df*=2, *p*=0,001). La taxa de captura mitjana a totes les estacions correspon a 0.021±0.026 preses/pòlip·hora, mitjana±SD. La taxa de captura més alta era a l'estiu (0,029±0,033 preses/pòlip · hora, mitjana±SD). Per la resta d'estacions la taxa de captura disminueix progressivament (primavera: 0,024±0.028; hivern: 0,011±0.015 preses/pòlip · hora, mitjana±SD).

Pel que fa la mida de preses (Fig. 9b), hi ha diferències significatives entre estacions, tot i que cal prendre aquests resultats com a provisionals, ja que a l'estiu falta el mes d'agost (Chi-square: 15,9176, *df*=2, p=0,0003). Durant la primavera *Eunicella singularis* captura les preses de major mida (340 µm ±43,35, mitjana±SE), que corresponen a preses amb mobilitat com copèpodes, i altres preses com POM (matèria orgànica particulada) i larves de bivalva. Durant l'estiu captura preses de menor grandària (115 µm ± 80,17, mitjana±SE) principalment ous d'invertebrat (Taula 2).

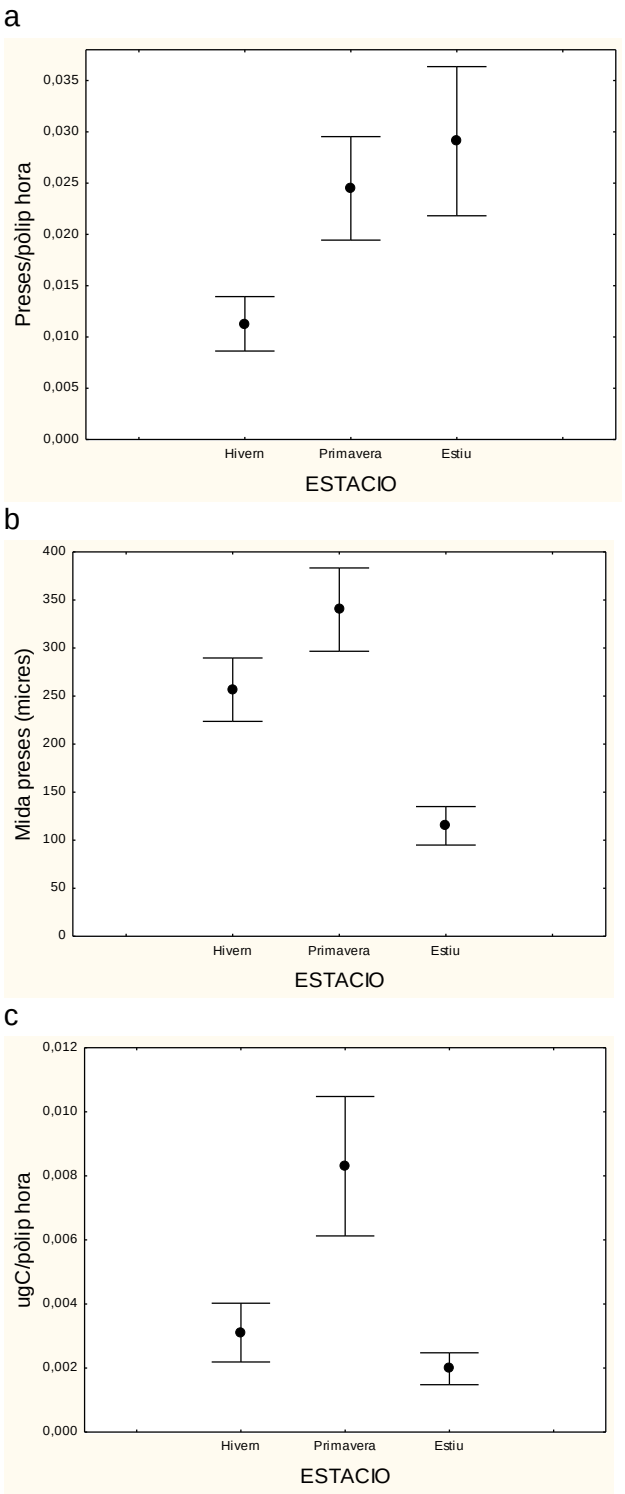


Fig. 9 a-c *Eunicella singularis.* Variació en (mitjana±error estàndard): **a** taxa de captura (preses/pòlip·hora), **b** mida presa (µm) i **c** taxa d'ingestió (µgC/pòlip·hora) de zooplàncton al hivern, primavera i estiu (falta mes d'agost).

Finalment, pel que fa a la ingesta (µgC/pòlip i hora) hi ha diferències significatives entre estacions ($F_{2,72}=7,3673$, $p=0,0012$). La taxa d'ingesta és molt més elevada a la primavera que a l'estiu i a l'hivern (Fig. 9c), cal recordar que aquests resultats s'han de prendre de manera provisional ja que falta el mes d'agost.

La ingesta de carboni disminueix molt durant els mesos d'estiu (de 0,0083±0,0022, mitjana±SE, a la primavera, fins a 0,0020±0,0005 µgC/pòlip·hora a l'estiu). La caiguda de la ingesta en carboni a l'estiu tot i l'elevada captura de preses en relació a les altres estacions es degut a que la mida de les preses a l'estiu és molt menor (Fig. 9b) i per tant, la biomassa també ho és.

4. DISCUSSIÓ

4.1 Dieta de zooplàncton

L'estudi dels continguts estomacals de la gorgònia blanca mediterrània *Eunicella singularis* mostren que l'espècie captura plàncton de petita mida. El rang de mides de les preses observades oscil·la entre les 50 i les 900 µm. El rang de mides de les preses més abundants es troba entre 50 i 400µm corresponents a zooplàncton amb molt poca mobilitat: ous d'invertebrat, larves de bivalve i protozous tintínids. En el cas de *Paramunicea clavata* el rang de mides dels tàxons de zooplàncton capturats es troba entre 100 i 800 µm, essent les preses entre 100 i 200 µm les més abundants. Aquestes preses més abundants corresponen a nauplis, ous de copèpode, ous d'invertebrat i larves, organismes que també es caracteritzen per la seva baixa mobilitat (Coma et al., 1994). De la mateixa manera que ocorre en *Leptogorgia sarmentosa* on els ous i larves d'invertebrat compreses entre 80 i 200µm són les preses més freqüents (Rossi et al. 2004). La captura de preses amb baixa capacitat de fugida sembla general en gorgònies de clima temperat i podria ser conseqüència de la poca varietat i baixa densitat de nematocists presents als tentacles dels octocoralls (Mariscal & Bigger 1977), pels quals els pòlips són capaços de capturar fonamentalment les preses arrossegades pels corrents cap als seus tentacles. Tot i així, cal destacar que l'espectre de preses de les quals s'alimenta *Eunicella singularis* és prou ample, i que en termes de biomassa consumida les preses que mesuren més de 400µm (copèpodes i fragments de crustacis) arriben fins a més del 50% d'aquesta (10,416µgC/18,228µC), fet que els hi dóna un paper rellevant dins la dieta d'aquesta gorgònia.

La part de la dieta corresponent al zooplàncton en *E.singularis* presenta una marcada variació estacional. Aquest fet ve especialment marcat per la dominància de preses de mida petita a l'estiu. No obstant, és important tenir en compte que per a l'estiu encara falta examinar els continguts del mes d'agost i mostrejar tota la tardor.

4.2 Continguts digestius

El nombre de preses per pòlip exhibeix diferències estacionals, essent a la primavera quan hi ha una presència de zooplàncton als continguts més alta. A la primavera els continguts estomacals mostraren un increment fins a 0,29 preses/pòlip ±0.06 (mitjana±SE). Aquest mateix patró s'ha trobat en altres espècies de gorgònia. Durant l'hivern i l'estiu el nombre de preses per pòlip és semblant. A l'estiu, es creu que es conseqüència de l'alt percentatge de pòlips tancats a la població, aquest fenomen

s'associa a una disminució de la taxa metabòlica (Robbins & Shick 1980, Lasker 1981) i per reforçar la conservació de les reserves energètiques. La contracció a l'estiu coincideix amb la baixa densitat de preses potencials al plàncton durant l'estratificació d'aigua en aquesta estació. Es sap que els dos factors principals que regulen la disponibilitat de preses en suspensió per als filtradors bentònics passius és la concentració de preses i la taxa de flux de corrent (Leversee 1976, Patterson 1991), els corrents disminueixen molt durant l'estiu fet que perjudica l'alimentació de les gorgònies.

La mitjana de preses per pòlip és de 0,2±0,04 (mitjana±SE), inferior a les gorgònies mediterrànies *Paramunicea clavata* (0,6±1,3 preses/pòlip; Coma et al. 1994) i *Leptogorgia sarmentosa* (0,7±0,9 preses/pòlip; Rossi et al. 2004), però semblant a la del principalment consumidor de POC (25-44% de la dieta durant l'any) el corall vermell, *Corallium rubrum,* que presenta una mitjana de 0,17±0,53 preses/pòlip ((Tsounis et al., 2005). Aquest valor es superior o igual al de la majoria dels octocoralls tropicals estudiats que normalment mostren valors del contingut digestiu per sota dels 0,3 preses/pòlip, veure taula comparativa (Taula 4).

	Preses per pòlip	Referència
Octocorallia		
Gorgonacea		
Corallium rubrum	0.17	Tsounis et al. 2005
Eunicella singularis	0.2	Aquest treball
Leptogorgia sarmentosa	0.7	Rossi et al. 2004
Pseudoplexaura prosa	0.03	Ribes et al. 1998
Plexaura flexuosa	0.01	Ribes et al. 1998
Paramunicea clavata	0.6	Coma et al. 1994
Alcyonacea		
Xenia elongata	0.3	Lewis 1982
Sacrophyton trocheliophorum	0.7	Lewis 1982
Lemnalia sp	<0.1	Lewis 1982
Lobophytum cristagalli	0.1	Lewis 1982
Sinularia densa	<0.1	Lewis 1982
Sinularia microclavata	0.2	Lewis 1982
Dendronephthya hemprichi	0.02	Fabricius et al. 1995
Hexacorallia		
Madreporaria		
Monastrea cavernosa	0.1-0.7	Porter 1974
Meandrina meandrites	1.8	Johnson and Sebens 1993
Monastrea cavernosa	0.23	Sebens et al. 1996
Madracis mirabilis	0.11	Sebens et al. 1996
Zoanthidea		
Palythoa variabilis	0.11-0.12	Sebens 1977
Palythoa caribaeorum	0.03-0.04	Sebens 1977
Zoanthus solandri	0.04	Sebens 1977
Zoanthus sociathus	0.02-0.05	Sebens 1977

Taula 4. *Eunicella singularis.* Taxes de captura de diferents espècies d'hexacoralls i octocoralls. Extret i modificat de (Marta Ribes et al., 1998).

En el cas del corall vermell, aquests valors baixos de continguts gastrovasculars s'expliquen perquè les colònies de *C.rubrum* no arriben a superar els 10 cm a la zona d'estudi, a diferència de les colònies de *Paramunicea clavata* i *Leptogorgia sarmentosa* que creixen més (55-100cm). Aquesta morfologia i la preferència d'hàbitat d'aquesta espècie evita que les colònies de corall vermell arribin a la capa superior fora de la frontera bentònica on els corrents són més forts, per tant han de comptar amb la turbulència suficient perquè l'aliment pugui ser resuspès i capturat (Tsounis et al., 2005). Però aquestes raons no són compartides per *Eunicella singularis* que sí que pot arribar a la grandària de les gorgònies citades anteriorment (a Cap Rédéris, França, 33 cm d'altura màxima a 12 m, 64 cm a 25 m i 81 cm a 40 m de fondària, segons Weinberg & Weinberg 1979) i ocupa hàbitats relativament semblants i més extensos que *P.clavata* o *L.sarmentosa.* El valors baixos de continguts observats poden ser causa primer de la forta estacionalitat en la disponibilitat de preses que presenta l'hàbitat d'aquesta espècie i també per una aportació addicional de carboni, que cal estudiar amb més cura, ja sigui provinent de la fracció de matèria orgànica particulada que no ha estat estudiada aquí, o per la presència de zooxantel·les que serien una font de carboni permanent per *Eunicella singularis* que li permetria colonitzar més hàbitat que les espècies totalment heterotròfiques i que depenen exclusivament de la disponibilitat de preses i els fluxos de corrent.

4.3 Temps de digestió de preses

El temps de digestió es un factor de molta importància per estimar les taxes de captura sobre el zooplàncton. El temps de digestió presenta un patró de disminució a mesura que la temperatura de l'aigua augmenta, un patró poc descrit prèviament en estudis tròfics d'antozous. Aquest fet està relacionat amb la tendència general a l'augment de la velocitat de les reaccions químiques en incrementar la temperatura. Un dels exemples més clars descrits en aquest sentit és la pauta documentada en l'espècie d'hidrozou *Hydractinia echinata*: on es va observar que el seu temps de digestió passa de ser de 40 hores a 4ºC, a ser de només 5 hores a 16ºC (Christensen 1967).

El temps de digestió d'*Eunicella singularis* calculat per aquest estudi és de 25 hores a 13ºC. És important tenir en compte que per a l'atribució de la resta de temperatures, 17 i 21ºC, s'han tingut en compte la taxa de disminució de temps de digestió per a *Leptogorgia sarmentosa* (Rossi et al., 2004), resultant doncs en 15 hores de digestió a 17ºC i 10 hores de digestió a 21ºC. Al contrastar els temps de digestió *d'E.singularis* amb els resultats de *L.sarmentosa* -la única gorgònia mediterrània on s'ha tingut en

compte la temperatura per al càlcul del temps de digestió, es pot considerar el temps de digestió de *E. singularis* com a llarg. A 13ºC *E.singularis* presenta un temps de digestió de 25 h i *L. sarmentosa* de 15 h.

4.4 Taxa de captura de preses i ingesta d'espècies

La taxa de captura de preses de *E.singularis* mostra diferències significatives entre estacions, amb un augment progressiu d'hivern a estiu, essent en aquesta última estació on es registren les taxes de captura més altes, de 0,029±0,033 preses per pòlip i hora (mitjana±SE) . Les diferències que s'observen entre els continguts estomacals i les taxes de captura de preses són molt importants. Aquestes diferències són degudes al factor temps de digestió. Això posa de manifest que els estudis d'alimentació haurien de tenir molt en compte el factor temps de digestió donat que es un factor clau en el càlcul de l'ingesta d'una espècie, especialment en sistemes temperats i que ha estat poc estudiat. Amb tot cal tenir en compte que és una taxa provisional ja que falta calcular la taxa de captura del mes d'agost.

Però, tot i que a l'estiu les taxes de captura siguin les més altes, el zooplàncton capturat en aquesta estació és el que presenta una mida menor (115µm±20,04 , mitjana±SD) corresponent a preses amb molt poca motilitat, especialment ous d'invertebrat. Aquest fet es reflecteix a la taxa d'ingesta durant l'estiu, la més baixa de totes les estacions, que és de 0,0020µgC pòlip i hora ±0,0005, (mitjana±SD), un valor baix comparat amb la ingesta de carboni a la primavera de 0,0083µgC/pòlip i hora.

Consultant les taxes d'ingesta de la literatura podem considerar la d'*Eunicella singularis* com a baixa, ara bé hi ha espècies tropicals com *Pseudoplexaura porosa* i *Plexaura flexuosa* que presenten taxes d'ingestió de C fins i tot més baixes, comparant-ho amb les dades de primavera de *E.singularis*, (0,0014 i 0,0003 µgC/pòlip·hora respectivament, Ribes et al. 1998) encara que tenen un temps de digestió mitjà més curt (6 hores, Lewis 1982). Per altra banda, per ara només coneixem la taxa de digestió a 13ºC, la temperatura més baixa. Tal com s'ha vist el temps de digestió té un paper fonamental en l'estimació de l'ingesta i per tant, la determinació del temps de digestió a 17 i 21ºC són cabdals per a interpretar correctament els resultats observats en els continguts estomacals, ja que poden fer variar molt la taxa d'ingesta. La majoria d'estudis no presenten estimes del temps de digestió, això fa que aquest estudi sobre del temps de digestió en *E.singularis* i la seva variació amb la temperatura sigui especialment interessant. Una mateixa taxa d'ingesta pot venir determinada per a múltiples combinacions de continguts estomacals, temps de digestió en funció de la temperatura , tipus i mida de preses.

A més, les diferències en ingesta estan afectades pels factors que repercuteixen en la disponibilitat de recursos en gorgònies: la densitat de preses i el flux de la corrent. Al primer cas cal destacar el factor pulsos en l'abundància de preses. En mars temperats els pulsos són freqüents durant l'hivern i la primavera, quan les taxes de captura són més altes perquè les partícules són més abundants i amb un valor nutritiu més alt ja que estan lligats a blooms de fitoplàncton (Grémare et al. 1997). La importància d'aquests pulsos de menjar encara no està gaire estudiada en un context energètic de suspensívors passius, però s'ha suggerit que pot haver-hi casos on aquesta entrada d'aliment tant poc constant sigui qualitativament molt important (Orejas et al. 2001). Al Mediterrani, s'ha observat que quan la velocitat del corrent és alta (20-30 cm/s) i la concentració de zooplàncton també ho és (8.000-10.000 ind/m^3, principalment copèpodes, nauplis i ous de copèpode), l'expansió dels pòlip de moltes espècies de gorgònies, entre elles *Eunicella singularis* és troba al màxim (100% de les colònies presenten els pòlips oberts; Rossi 2002) a causa de la barreja d'aigües que aporta nutrients a la columna d'aigua durant la primavera es forma fitoplàncton que sosté poblacions de zooplàncton (copèpodes i larves d'invertebrat) del qual *E.singularis* se n'alimenta. Aquests pulsos de preses consumides podrien servir de reserva per a la següent estació i probablement aporten nutrients, com ara N i P necessàries pel creixement, ja que durant la primavera hi ha una inversió especialment alta en creixement i reproducció, especialment en la gametogènesi (Ribes et al., 2007).

El fet que hi hagi una taxa de captura més alta a l'estiu fa palès la necessitat heterotròfica d'*Eunicella singularis,* suggerint que hi ha una despesa en creixement i manteniment de la colònia o necessitat de nutrients concrets pel que fa a la fotosíntesi, ja que si la taxa de captura augmenta significa que hi ha més activitat de pòlips, per tant ha de mantenir els pòlips oberts per tal de poder alimentar-se. Tot i així, s'ha de tenir present que el manteniment dels pòlips oberts implica un cost energètic (Coma et al.1994), aquest cost podria ser suportat per la formació de carboni endògena a partir de la fotosíntesi.

5. CONCLUSIONS

- De la mateixa manera que en altres estudis de filtradors bentònics passius de la Mediterrània, *Eunicella singularis* ha mostrat que hi ha una variació estacional marcada en el tipus, abundància i en la captura de preses entre estacions. Les dades recolzen el fenomen de la disminució de l'abundància i la varietat de preses durant l'estiu observat a mars temperats, efecte que repercuteix negativament a *E. singularis* per accedir al carboni del plàncton.

- S'ha observat la importància d'estimar el temps de digestió i la seva variació en funció de la temperatura. Això és especialment important en mars temperats, com al Mediterrani, on hi ha una forta oscil·lació de la temperatura al llarg de l'any. Les taxes de captura (preses/pòlip i hora) estimades a partir d'aplicar el factor temps de digestió a la variable preses/pòlip segons la temperatura de cada mes, fan variar significativament la variable preses/pòlip. Un mateix contingut estomacal, pot representar taxes de captura diferents segons el temps de digestió.

- Les taxes de captura a l'estiu són les més altes, però la taxa d'ingestió durant aquesta estació està entre les més baixes. Aquest fet posa de manifest la importància de tenir en compte la biomassa de les preses, ja que també pot fer variar en gran mesura la taxa d'ingesta.

- L'estimació simultània dels continguts estomacals, el temps de digestió, la temperatura de l'aigua i la biomassa de preses representa la aproximació més acurada als estudis d'alimentació en zooplàncton de l'espècie i a la taxa d'ingesta de carboni (entesa com µgC/pòlip i hora).

- L'estudi dels continguts estomacals de la gorgònia blanca mediterrània *Eunicella singularis* mostren que l'espècie captura plàncton de petita mida. El rang de mides de les preses observades oscil·la entre les 50 i les 900 µm. El rang de mides de les preses més abundants (80%) es troba entre 50 i 400 µm corresponents a zooplàncton amb molt poca mobilitat: ous d'invertebrat, larves de bivalve i protozous tintínids. No obstant, les preses que mesuren més de 400 µm (copèpodes i fragments de crustacis), que en abundància són el 19% de les preses, en tremes de biomassa representen més del 50% de la biomassa ingerida per l'espècie.

- L'estudi necessita ser complementat amb l'estudi dels continguts dels mesos que falten per a completar el cicle anual i amb el temps de digestió a més temperatures. No obstant, els continguts estimats fins el moment [0,2±0,04 preses/pòlip (mitjana±SE)], suggereixen que l'espècie deu tenir una contribució significativa d'altres fonts d'alimentació tals com material detrític, pico- i nanoplàncton o aportació autotròfica per part dels seus simbionts.

6. DE CARA A ESTUDIS POSTERIORS

En aquest estudi s'ha examinat i estudiat la fracció zooplanctònica, entre 50 i >400µm, de la dieta d'*Eunicella singularis*. Però cal tenir en compte que el mètode utilitzat per observar els continguts de la cavitat gastrovascular dels pòlips és útil per a parts dures (cutícules, balves, closques...) i que poden subestimar petites preses potencials de cos tou ja que no deixen restes que es pugin reconèixer (Ribes et al. 1998). Però tal i com s'ha estudiat en altres treballs (Ribes et al. 1999; Ribes et al. 2003; Tsounis et al. 2005) les gorgònies tenen un rang de preses ample, que es mou de preses del zooplàncton com copèpodes a matèria orgànica particulada (POM), tant viva (pico i nanoplàncton) com en detritus. Depenent de l'espècie, és a dir de l'estratègia alimentària i d'hàbitat que colonitzi, aquesta fracció de l'alimentació serà més o menys important, per exemple en el cas de *Corallium rubrum* s'ha avaluat que la fracció corresponent a POC detrític (carboni orgànic particulat) és de l'ordre del 25-44% de la dieta (Tsounis et al., 2005)), i en *Leptogorgia sarmentosa* de 14%, a diferència de *Paramunicea clavata* que la fracció de zooplàncton respon a gairebé més del 50% de les necessitats respiratòries d'aquesta gorgònia (Coma et al., 1994). Per tant, és imprescindible conèixer si *Eunicella singularis* basa part de la seva alimentació en carboni orgànic particulat, i de quin origen procedeix. A més, serà necessari en posteriors treballs conèixer aquesta fracció d'ingesta de carboni per tal de calcular-ne conjuntament amb les dades d'aquest estudi si *Eunicella singularis* supleix tot el carboni necessari de forma heterotròfica o hi ha un part d'aquest carboni que no s'explica per cap via d'entrada a través de nano, pico o microplàncton, i podria ser explicat per la simbiosi amb zooxantel·les.

Per altra banda, si es realitza un estudi on es coneguin les necessitats energètiques respiratòries de l'espècie durant el cicle anual, tal i com s'ha fet en altres espècies, i conjuntament amb les dades de carboni procedents de les dues fraccions de mides de plàncton, es podria comprovar si les zooxantel·les a *E.singularis* presenten un efecte important. Tal i com passa en espècies tropicals de gorgònies, com *Plexaura flexuosa i*

Pseudoplexaura porosa on la fracció de carboni procedent de la simbiosi és de gairebé 99% (Ribes et al.1998).

Finalment, en estudis recents al Cap de Creus, s'ha vist que la gorgònia blanca mediterrània *Eunicella singularis* presenta dues poblacions compostes per individus que presenten dos morfotips diferents, el d'aigües someres i el fondària (Gori et al., 2011). En el cas del corall vermell *Corallium rubrum* a les Illes Medes, se n'han examinat les taxes de captura de colònies de talla similar però a diferents fondàries, els resultats obtinguts han revelat que les colònies situades a més fondària (40m) presenten taxes de captura més altes que les colònies que es troben a aigües més someres (20m) (Tsounis et al. 2005). Per tant, podria ser interessant veure quines taxes de captura presenten els dos morfotips trobats recentment d'*Eunicella singularis* al Cap de Creus i veure si les condicions de fondària afecten a les poblacions en tremes de continguts gastrovasculars i taxes de captura.

Per últim, comentar que aquest estudi és el primer pas per conèixer quin efecte depredador té *Eunicella singularis* sobre el zooplàncton de la columna d'aigua. S'ha vist en altres espècies de suspensívors bentònics com *Paramunicea clavata*, amb una densitat de 32 gorgònies m^2 , poden capturar entre $1{,}52x10^5$ i $1{,}06x10^6$ preses/m^2 al dia a les Illes Medes (Coma et al. 1994). Per això es necessari un estudi biomètric de l'espècie que, conjuntament, amb les estructures de talla de les poblacions ens permeti estimar el nombre de pòlips per metre quadrat.

En vista, de que altres espècies de gorgònies mediterrànies estudiades fins ara exerceixen una pressió depredadora important sobre el zooplàncton, la depredació realitzada per les poblacions de *Eunicella singularis*, que forma grans extensions sobre substrats durs al Mediterrani, sobre el zooplàncton pot ser significativa.

7. BIBLIOGRAFIA

Christensen HE (1967) Ecology of Hydractinia echinata. I. **Feeding biology.** Ophelia 4:245–275

Coma, R, Gili, J-M, Zabala, M., & Riera, T. (1994). Feeding and prey capture cycles in the aposymbiontic gorgonian Paramuhcea clavata. **Marine Ecology Progress Series,** *115*, 257-270. doi:10.3354/meps115257

Coma, R, Ribes, M, Gili, J, & Zabala, M. (2000). Seasonality in coastal benthic ecosystems. **Trends in ecology & evolution** *(Personal edition)*, *15*(11), 448-453. Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11050347

Coma, R., Linares, C., Ribes, M., Diaz, D., Garrabou, J. and E. Ballesteros, 2006 Consequences of a mass mortality in populations of *Eunicella singulares* (Cnidaria: Octocorallia) in Menorca (NW Mediterranean). **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 327: 51-60.

Coma, R., Ribes, M., Serrano, E., Jiménez, E., Salat, J. and J. Pascual. (2009) Global warming-enhanced stratification and mass mortality events in the Mediterranean. **Proceedings of the National Academy of Sciences USA**106: 6176-6181.

Fabricius, K. E, A.Genin and Y. Benhayahu. 1995 Flow dependent herbivory and growth in zooxanthellae-free soft corals. **Limnol. Oceanogr.** 40:1290-1301

Garrabou, J., Coma, R. , Bensoussan, N., Bally, M., Chevaldonné, P. , Cigliano, C. , Diaz, D., Harmelin, J.G., Gambi, M.C. , Kersting D. K., Ledoux, J.B., Lejeusne, C, Linares, C., Marschal, C., Perez, T., Ribes, M., Romano J.C., Serrano, E.,Teixido, N., Torrents, O., Zabala, M., Zuberer, F., Cerrano, C. (2009) Mass mortality in Northwestern Mediterranean rocky benthic communities: effects of the 2003 heat wave. **Global Change Biology** 15: 1090-1103.

Gori, A., Rossi, Sergio, Linares, C., Berganzo, E., Orejas, C., Dale, M. R., & Gili, Josep-Maria. (2011). Size and spatial structure in deep versus shallow populations of the Mediterranean gorgonian Eunicella singularis (Cap de Creus, northwestern Mediterranean Sea). **Marine Biology,** *158*(8), 1721-1732. doi:10.1007/s00227-011-1686-7

Grémare A, Amouroux JM, Charles F, Dinet A, Riaux-Gobin C, Baudart J, Medernach L, Bodiou JY, Ve´tion G, Colomines JC, Albert P (1997) Temporal changes in the biochemical composition and nutritional value of the particulate organic matter

available to surface deposit-feeders: a two year study. **Mar Ecol Prog Ser** 150:195–206

Johnson, A.S., and K.P. Sebens. 1993. Consequences of flattened morphology. Effects of flow on feeding rates of the scleractinian coral *Meandrina meandirtes*. **Mar. Ecol. Porg. Ser.** 99: 99-114.

Lasker, H. R. (1981). A comparison of the particulate feeding abilities of three species of gorgonian soft coral. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 5: 61-67

Leversee, G. J. 1976. Flow and feeding in fan-shaped colonies of the gorgonian coral, Leptoyorgia. **Biol. Bul**l. 151 344-356

Lewis, J.B. 1982. Feeding behaviour and feeding ecology of the Octocorallia (Coelenterata: Anthozoa). **J. Zool. (Lond.)** 196: 371-384

Linares, C., Coma, R., Diaz, D., Garrabou, J. and M. Zabala, 2008. Size distribution, density and disturbance in two Mediterranean gorgonians: *Paramuricea clavata* and *Eunicella singularis*. **Journal of Applied Ecology** 45: 688-699.

Mariscal, R. N., Bigger, C. H. (1977). Possible ecological significance of octocoral epithelia] ultrastructure. **Proc. 3rd int. coral Reef Symp**. 1: 127-134

Ribes, M, Coma, R, & Gili, Jm. (1999). Heterogeneous feeding in benthic suspension feeders:the natural diet and grazing rate of the temperate gorgonian Paramuricea clavata (Cnidaria:Octocorallia) over a year cycle. **Marine Ecology Progress Series,** *183*, 125-137. doi:10.3354/meps183125

Ribes, M., Coma, R., Gili, J.M., Svoboda, A., Julia, A. and J. Parera, 2000. An improved 'semi-closed' recirculating system for the *in situ* study of feeding and respiration of benthic suspension feeders. **Sci. Mar.** 64: 265-275.

Ribes, M., Coma, R., Rossi, S. & Micheli, M. (2007). Cycle of gonadal development in Eunicella singularis (Cnidaria: Octocorallia): trends in sexual reproduction in gorgonians. **Invertebrate Biology**, *126*(4), 307-317. doi:10.1111/j.1744-7410.2007.00101.x

Ribes, M. Coma, R. & Gili, J. (1998). Heterotrophic feeding by gorgonian corals with symbiotic zooxanthella. **Limnology and Oceanography,** *43*(6), 1170-1179. doi:10.4319/lo.1998.43.6.1170

Ribes, M., Coma, R., & Rossi, S. (2003). Natural feeding of the temperate aposymbiotic (Cnidaria : Octocorallia). **Marine Ecology Progress Series,** *254*, 141-150.

Rossi, S., Ribes, M., Coma, R., & Gili, J.-M. (2004). Temporal variability in zooplankton prey capture rate of the passive suspension feeder Leptogorgia sarmentosa (Cnidaria: Octocorallia), a case study. **Marine Biology,** *144*(1), 89-99. doi:10.1007/s00227-003-1168-7

Orejas C, Gili JM, López-González PJ, Arntz WE (2001) Feeding strategies and diet composition of four Antarctic cnidarian species. **Polar Biol** 24:620–627

Patterson, M. R. (1991). Passive suspension feeding by an octocoral in plankton patches: empirical test of a mathematical model. **Biol. Bull.** 180: 81-92

Porter, J. W. 1974. Zooplankton feeding by the Caribbean reef-building coral *Monastrea cavernosa*. **Proc. 2nd. Int. Coral Reef Symp**. 1: 111-125.

Robbins, R. E., Shick, J M. (1980). Expansion-contraction behavior in the sea anemone Metridium senile: environmental and energetic consequences. In: Schith. D. C.,Tiffon, V. (eds.) Nutrition in the lower Metazoa. **Pergamon Press**, New York, p. 101-116

Sebens, K.P. 1977. Autotrophic and heterotrophic nutrition of coral reef zoanthids. **Proc. 3rd. Int. Coral Reef Symp.** 1:397-406.

Sebens, K. S. Vandersall, L. A. Savina, and K. R. Graham. 1996. Zoopllankton capture by two scleractinian corals, *Madracis mirabilis* and *Monastrea cavernosa*, in a field enclosure. Mar. Biol. 127: 303-317.

Tsounis, G., Rossi, S., Laudien, J., Bramanti, L., Fernández, N., Gili, J. & Arntz, W. (2005). Diet and seasonal prey capture rates in the Mediterranean red coral (Corallium rubrum L.). **Marine Biology**, *149*(2), 313-325. doi:10.1007/s00227-005-0220-1

Weinberg S & Weinberg F (1979). The life cycle of a gorgonian: Eunicella singularis (Esper, 1794). **Bijdr. Dierkd**. 48:127-140.