Universitat de les Illes Balears

Facultat de Ciències

Memòria del Treball de Fi de Grau

L'alga verda *Halimeda incrassata* com a possible vector d'introducció d'epibionts exòtics en la Badia de Palma

Mª Victòria Nadal Nebot

Grau de Biologia

Any acadèmic 2016-17

Treball tutelat per Guillem Mateu Vicens
Departament de Biologia

S'autoritza la Universitat a incloure aquest treball en el Repositori Institucional per a la seva consulta en accés obert i difusió en línia, amb finalitats exclusivament acadèmiques i d'investigació	Autor		Tutor	
	Sí	No	Sí	No
	X		X	

Paraules clau del treball:
Broeckina orbitolitoides, epibiont, *Halimeda incrassata*, Mar Mediterrani, *Parasorites orbitolitoides, Posidonia oceanica,* sediment.

ÍNDEX

Àbstract.....pàg. 4

Introducció.....pàg. 5

Objectius..... pàg. 9

Materials i mètodes.....pàg. 9

- Àrea d'estudi i mètode de recopilació
- Processament de les mostres, anàlisi taxonòmic i classificació dels foraminífers
- Tractament de les dades

Resultats.....pàg. 13

Discussió.....pàg. 18

Conclusió.....pàg. 22

Agraïments.....pàg. 22

Referències.....pàg.22

Annex 1.....pàg. 28

Annex 2.....pàg. 30

GREEN ALGAE *Halimeda incrassata* AS POSSIBLE VECTOR OF INTRODUCTION OF EXOTIC EARS IN PALMA BAY

Abstract

The green alga *Halimeda incrassata* (J. Ellis) J. V. Lamouroux, 1816 is a family Codiaceae from tropical environments of the Atlantic and the Pacific Ocean. Its presence has been detected in the Bay of Palma, colonizing great extensions of sandy bottoms until the moment totally uncovered. The arrival of these algae is still unknown, but its effects on the ecosystem have already been detected, It has modified the structure of the substrate and, consequently, affecting the fish comunities. On the other hand, the genus *Halimeda* is of great importance in the formation of bioclastic sediments due to the direct calcification of its phylloids, or also because it hosts a large number of epiphytic organisms, many of which produce calcium carbonate skeletons. Hence, considering the fact that it is an invasive species and its role as a substrate for a multitude of organisms, it could be a potential vector of exotic organisms. In order to determine if *H. incrassata* has contributed to the introduction of invasive species, this work aims to include a comparative study between the sea bottoms colonized by this alga, bottoms uncovered and the areas covered by seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813. Sampling consisted in collecting individuals from *H. incrassata* to directly determine the epibionts, collecting sediment samples from the three types of environments and then compare their bioclastic composition to associate it with the changes produced by the algae.

L'ALGA VERDA *Halimeda incrassata* COM A POSSIBLE VECTOR D'INTRUDUCCIÓ D'EPIBIONTS EXÒTICS EN LA BADIA DE PALMA

Resum

L'alga verda *Halimeda incrassata* (J. Ellis) J. V. Lamouroux, 1816 és una codiàcia pròpia d'ambients tropicals de l'Atlàntic i el Pacífic. La seva presència ha estat detectada a la Badia de Palma, colonitzant grans extensions de fons arenosos fins el moment totalment descoberts. L'arribada d'aquesta alga és encara una incògnita, però el seus efectes en l'ecosistema ja s'han detectat, modificant l'estructura del substrat i, en conseqüència afectant la comunitat íctica que hi habita. Per altra banda, el gènere *Halimeda* és de gran importància en la formació de sediments bioclàstics bé fruit de la calcificació directa dels seus fil·loids, o bé pel fet d'hostetjar un important nombre d'organismes epífits, molts dels quals produeixen un esquelet de carbonat càlcic. Per tant, considerant el fet que es tracta d'una espècie invasora i del seu paper com a substrat per una multitud d'organismes, podria donar-se el cas que aquesta alga servís com a vector per a introduir organismes exòtics. Per

tal de determinar si *H. incrassata* ha contribuït a la introducció d'espècies invasores, aquest treball inclou una comparació entre els fons colonitzats per aquesta alga, el fons descoberts i les zones cobertes de *Posidonia oceanica* de l'entorn. El mostreig consisteix en la recollida d'individus *d'H. incrassata* per a determinar directament els epibionts, i en la recollida de sediments dels tres tipus d'ambients per a comparar la seva composició bioclàstica i associar-la als canvis produïts per l'alga.

Introducció

Les activitats antropogèniques tals com l'apertura del Canal de Suez, l'increment del transport marítim i les aigües de llast, són les principals responsables de la introducció d'un gran ventall d'espècies exòtiques cap al Mar Mediterrani (Hoffman, 2013), les quals provenen de l'oceà Índic, Pacífic i Atlàntic (Zenetos et al., 2005; Hoffman & Dubinsky 2010). L'augment de temperatura i salinitat (Por, 1971; 1978), també és una de les causes que afavoreix la tropicalització de les comunitats marines afavorint la redistribució d'espècies tropicals (Vergés et al., 2014). S'estima que aproximadament el 60% de les espècies introduïdes s'estableixen a la conca Mediterrània a través del Canal de Suez també coneguda com a migración Lessepsiana (Zenetos et al., 2010). Emperò, una part de la migració cap al Mediterrani occidental i central des de l'Oceà Atlàntic es dona a través de l'estret de Gibraltar (Hoffman, 2013). A partir del segle passat, les algues marines bentòniques comprenen fins a 140 espècies diferents al Mediterrani degut a l'arribada d'espècies exòtiques (Hoffman, 2013). Aquest fet es pot associar a processos naturals com per exemple l'arribada de de marisc el qual actúa com a vector natural portant algues i a activitats antropològiques com la maricultura entre d'altres (Boudouresque et al., 2011).

Els fons blans infralitorals del Mar Mediterrani es troben dominats per la fanerògama endèmica *Posidonia oceanica* la qual forma extenses praderies entre els 0 i 40 metres de profunditat tant a zones arenoses com zones rocoses de la costa (Duarte & Chiscano, 1999; Betrhoux & Cópin-Motegut, 1986). La presència d'aquesta espècie dóna lloc a un dels ecosistemes marins més importants del Mediterrani ja que proporciona llocs de posta i hàbitat a moltes espècies associades (Mabrouk et al., 2014). De fet, les fulles i rizomes de la *P. ocanica* actúen com a substrats per les espècies epífites les quals es veuen implicades en la producció primària de pastures marines mitjançant el pastoreig i també són l'aliment d'altres animals (Mazzella et al., 1989). Aquests organismes epífits es relacionen de forma directa amb el cicle de vida estacional de la fanerògama (Casola et al., 1987). Degut a

l'augment de temperatura de l'aigua a l'època de la primavera, les fulles de la *P. oceanica* creixen de forma continuada fins assolir la seva màxima longitud a l'estiu. D'aquesta manera i en aquesta època, en tenir una major superfície foliar, s'hi adhereixen de forma successiva diversos organismes a mesura que la fulla creix donant lloc a una capa d'epífits (Blanc-Vernet, 1969). Molts dels organismes que formen aquesta comunitat formen esquelets calcaris que afavoreixen la formació de dipòsits de sediments carbonatats (Mateu-Vicens et al., 2010). També cal destacar la possibilitat de que altres espècies d'algues visquin dins de les mateixes praderies de posidònia proporcionant una major heterogeneïtat de substrat i incrementant la diversitat i nombre d'epífits, especialment de foraminífers (Langer, 1993).

L'impacte antropogènic per part de l'ancoratge d'embarcacions sobre les praderies de *P. ocanica* és una de les causes més greus que condueix a la pèrdua i la difícil recolonització d'aquesta fanerògama (Abadie et al. 2016). No obstant, a partir de la segona meitat del segle XX, també s'ha pogut observar una pèrdua de *P. oceanica* degut al canvi climàtic i a la propagació constant d'espècies exòtiques a la conca Mediterrànea (Marbà et al., 2014). Una de les característiques principals que presenten aquests organismes no natius és que es poden adaptar molt ràpidament als diversos nínxols ecològics o fins i tot ocupar-ne de buits ja sigui per la presència de substrats adequats, la transparència de l'aigua o l'elevada temperatura i salinitat (Por, 1971). Una espècie invasora és aquella que compleix els següents criteris: la colonització es dóna en una àrea on no hi havia estat present prèviament (Carlton, 1985), la seva extensió es vincula de forma directa o indirecta a l'activitat antropològica (Ribera & Boudouresque, 1995), la distribució nativa geogràfica difereix de la nova àrea (Williamson & Fitter, 1996) i finalment, les generacions no natives néixen in situ sense suport humà originant una població autosostenible (Boudouresque, 1999).

Una de les espècies invasores que ha arribat recentment al Mar Mediterrani és la macroalga *H. incrassata* (Bryopsidals, Chlorophyta). Les espècies de macroalgues es caracteritzen per tenir taxes de renovació elevades (Wefer, 1980; Freile & Hillis, 1997), una menor longevitat respecte a les fanerògames (Bach, 1979) i una ràpida reproducció (Clifton, 1997). La gran majoria secreten una capa externa de carbonat càlcic ($CaCO_3$) (Bach, 1979; Multer, 1988). Des del punt de vista ecològic, *H. incrassata* es troba en aigües poc profundes, especialment sobre mantells d'algues marines i manglars tropicals (Verbruggen et al., 2006). La presència de brots de les algues proporcionen substrat gràcies als rizomes els quals afavoreixen que tenguin lloc les floracions d'aquestes invasores (Qiuying & Dongyan, 2014).

La seva distribució natural comprèn el Mar Carib, parts meridionals del Golf de Mèxic i aigües de Madeira (NE Atlàntic). Degut a una sèrie d'observacions realitzades per part del Projecte Europeu d'Investigació de Peixos i Pescadors l'any 2011 es va identificar per primera vegada aquesta alga a l' Àrea Marina Protegida de la Badia de Palma (MPAPB), concretament a Cala Blava (Fig. 1). La seva velocitat de propagació i colonització (menys de 20 m de profunditat), es dóna a través dels hàbitats sedimentaris i rocosos (Alòs et al. 2016). L'estudi realitzat per per Alòs i altres investigadors (2016), varen poder determinar de quina espècie d'alga es tractava a partir de la identificació anatòmica i l'extracció de l'ADN. La seqüència analitzada del gen *tuf*A (gen marcador molecular de les clorofícies) d' *H. incrassata* trobada al mar Balear i agrupada amb *Unweighted Pair Group Method with Arithmetic mean* (UPGMA), és idèntica als individus tropicals de l'Atlàntic occidental. Encara que el mecanisme d'arribada al Mediterrani per part d'aquesta alga és totalment desconegut, s'especulen dues vies d'entrada: per activitats relacionades amb aqüicultura, aigües de llast o àncores de vaixells recreatius que provenen del mar Carib (Alòs et al., 2016).

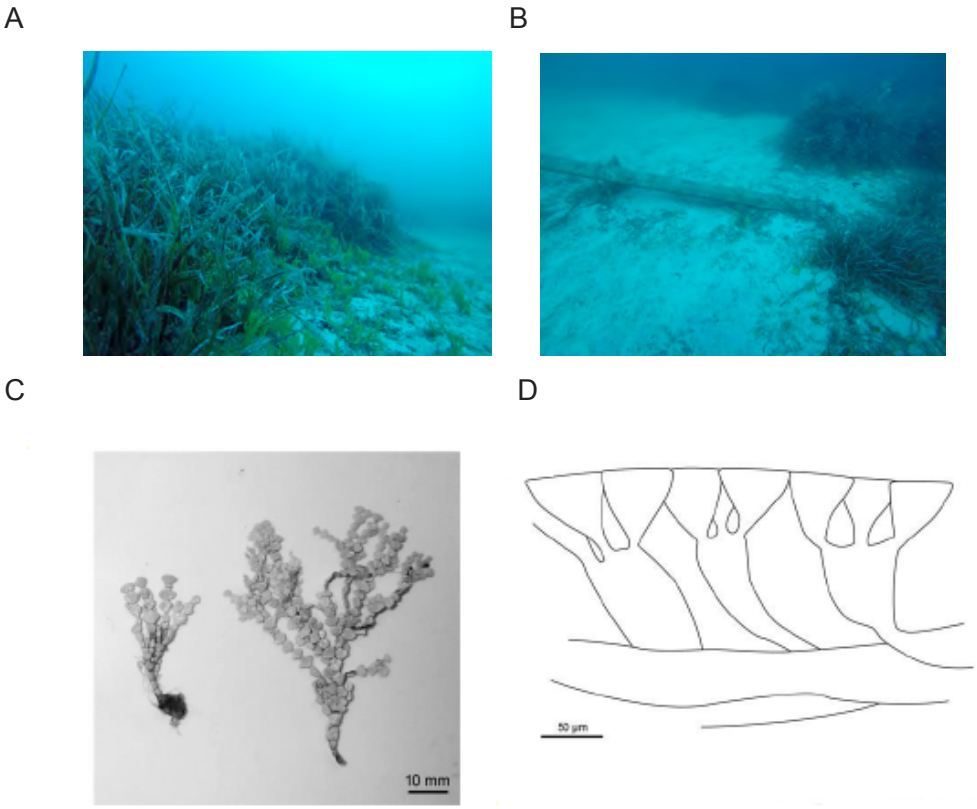

Figura 1. Presència d'*H. incrassata* a la vora de les praderas de *P. oceanica* (A) i ocupant extensions d'arena fins al moment totalment descobertes (B) (Fotografies proporcionades per Lucía Loubet). Mostra un individu de l'alga (C) (Alòs et al. 2016) i un córtex (D) (Verbruggen et al. 2007). L'estructura arquitectònica de les diferents espècies d'algues determinen el tipus de substrat

i la capacitat de colonització per part dels epífits (Mateu-Vicens et al., 2010). Per aquest motiu, és necessari destacar les diferències morfològiques que presenten les espècies estudiades en aquest treball. En primer lloc, *P. oceanica* s'ancora al substrat per un sistema rizomàtic molt extens, gruixat i normalment cobert per arena fina rica en matèria orgànica (Langer, 1993). Encara que els seus rizomes tenen una vida llarga, les fulles aparéixen en funció del cicle biològic de la planta, tenen una llargària de 60-80 cm i una amplada de 0.5 – 1 cm (Mabrouk et al., 2014). En segon lloc, *H. incrassata* s'ancora a substrats més fins que posidònia mitjançant un bulb compost de rizoides amb arena incrustrada i té un tal·lus compost per segments fins cenocítics, fotosintètics i calcificats els quals s'uneixen entre ells mitjançant petites articulacions no calcificades (Verbruggen et al., 2006) (Fig. 2).

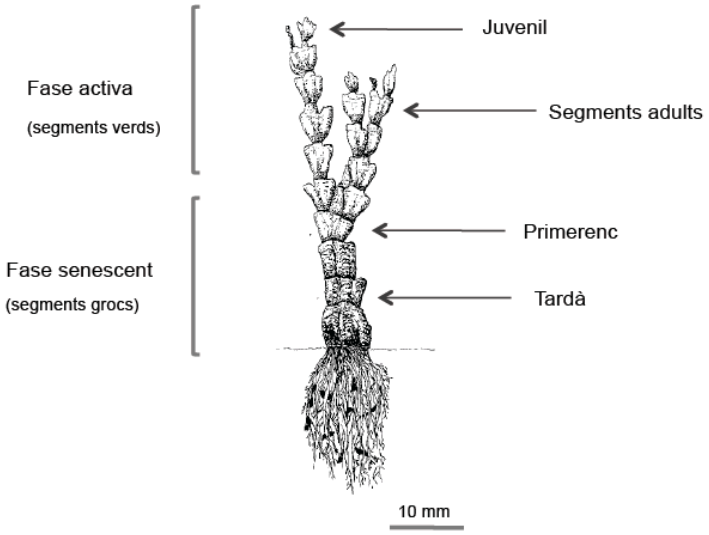

Figura 2. Esquema de les parts d'*H. incrassata.* Per una banda apareix la fase activa amb segments verds que està formada per la part Juvenil (segments suaus formats a partir d'adults. Inicialment tenen les puntes arruades i amb forma coriàcia que a la llarga es converteixen en segments adults amb capacitat reproductiva a curt termini) i per segments adunts (el seu creixement evoluciona de forma esporàdica). Per l'altra banda apareix la fase sensecent amb segments grocs que està formada per la part Primerenca (capaç de produïr un nou creixement després d'un event d'estrès) i per la part Tardana (segments durs i cruixats que s'incrusten al substrat). La informació i l'imatge d'aquesta figura s'ha obtingut a l'article de Multer, HG (1987).

L'arribada d'espècies invasores tals com *H. incrassata* a les Illes Balears estableixen una sèrie de processos competitius en el funcionament normal de les espècies autòctones degut a la competència establerta per al substrat, l'espai i el llum. (Sureda et al. 2017; Qiuying & Donygan, 2014). A un estudi recent realitzat per Sureda i altres investigadors (2017) es va estudiar l'estat antioxidant com a bioindicador per evaluar la resistència sobre una situació

d'estés ambiental entre la *P. oceanica* i *H. incrassata*. Els seus resultats suggereixen que ambdues espècies competeixen pel mateix espai fent referència a la nova situació però no presenten evidències de danys cel·lulars entre elles. No obstant, sí que es s'ha pogut observar l'estrès oxidatiu causat per *H. incrassata* sobre la cloròfita *Dasycladus vermicularis* (Scopoli) Krasser, 1898.

Objectius

Considerant la presència d'una nova espècie invasora al Mar Mediterrani, aquest estudi té els següents objectius:

1. Comparar diversos fons colonitzats per *H. incrassata* amb zones de l'entorn cobertes de *Posidonia oceanica.*
2. Degut al paper d'*H. incrassata* com a substrat per una multitud d'organismes i la possibilitat d'actuar com a vector per a la introducció d'altres espècies invasores, s'estudiarà la seva composició bioclàstica (epibionts i sediments de foraminífers).

Materials i Mètodes

Àrea d'estudi i mètode de recopilació

A partir del Projecte Europeu d'Investigació de Peixos i Pescadors duit a terme l'any 2011 es va observar per primer cop l'alga verda *H. incrassata.* La seva presència ha estat detectada a la Badia de Palma (Mallorca), colonitzant grans extensions de fons arenosos fins el moment totalment descoberts.

El present estudi té cabuda a la illa de Mallorca (Illes Balears, Espanya), concretament al nord de l'Àrea Marina Protegida de la Badia de Palma (MPAPB): Cala Blava (39º28'55.8''N, 2º44'01.9''E) (Fig. 3). Es tracta d'una reserva que va ser creada l'any 1982. Inclou la zona costera fins als 30 metres de profunditat i es caracteritza per tenir una baixa influència antropogènica respecte a la resta de la Badia de Palma. En ella, s'hi representen dos ecosistemes totalment característics dels fons litorals mediterranis: per una part les extenses praderies de *Posidonia oceanica* i per l'altra una gran biodiversitat.

El mostreig (estiu de 2016) ha consistit en la recollida d'individus d' *H. incrassata* i sediment amb duqueses mitjançant la pràctica de *snorkeling* a quatre fons diferents:

1. Fons blans amb restes de *P. oceanica* morta (5 – 6 m)
2. Fons blan a pocs metres de profunditat (2 – 3 m)
3. Fons blan profund (5 – 6 m)
4. Sobre fons rocós (2 – 3 m)

Una vegada obtingudes les mostres es translladen a la Càtedra de Guillem Colom i Casasnovas de la Universitat de les Illes Balears (UIB) per deixar-les assecar durant un temps en safates de plàstic.

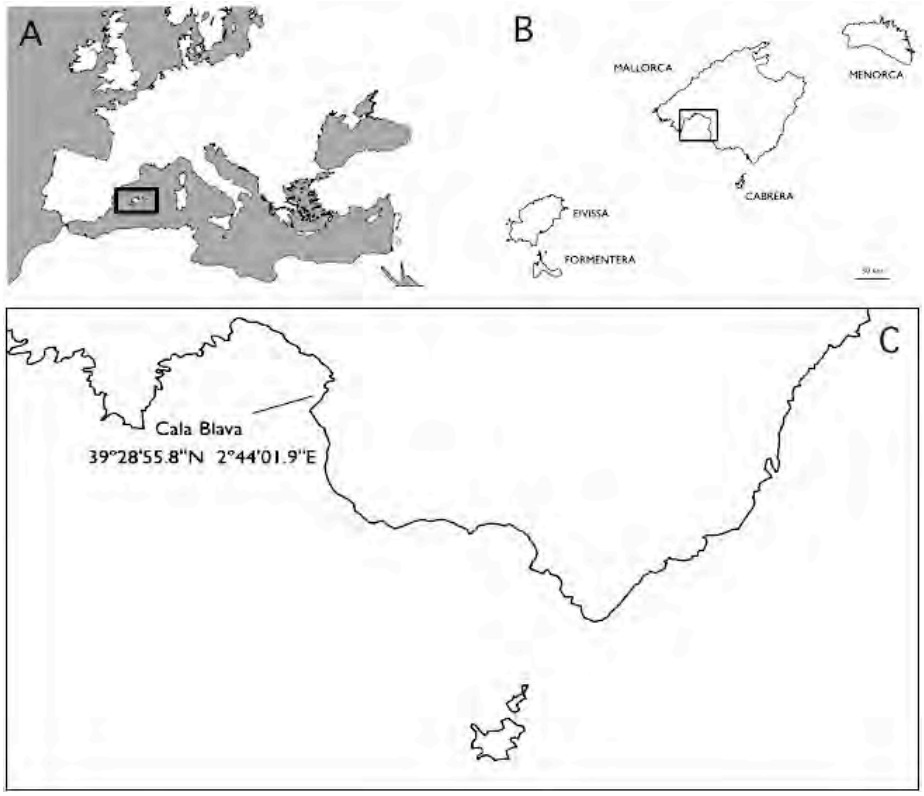

Figura 3. A Mapa de localització de les Illes Balears; B Localització de l'àrea d'estudi a Mallorca (A i B modificats de imatges Google); C Ubicació de la zona d'estudi a Cala Blava (39º28'55.8''N, 2º44'01.9''E) (Mapa modificat de: Mateu-Vicens et al. 2014).

Processament de les mostres, anàlisi taxonòmica i classificació dels foraminífers

Una vegada assecades les mostres, de forma manual es procedeix a la observació de foraminífers del sediment amb un estereomicroscopi Leica® MZ16. D'aquesta manera, es seleccionen les formes pristines dels individus, és a dir, aquells que no presenten cap tipus de rotura a l'esquelet. Posteriorment, es procedeix al muntatge individual d'aquests

organismes en plaques amb microcel·les amb l'ajuda d'un pinzell i un adhesiu de goma aràbiga. Per cada mostra es munten 240 individus obtenint-ne un total de 960.

Una de les característiques fonamentals per poder determinar els foraminífers és la seva closca. La closca aglutinada es forma per la captació de materials de l'exterior segons la seva composició química, tamany i forma (grans minerals, espícules d'esponges, diatomeas, etc.) que s'adhereixen a una matriu orgànica mitjançant un ciment calcari o ferrugini. D'altra banda hi trobam la closca calcaria porcel·lanoide que s'encarreguen de conduïr la màxima reflexió de la llum degut a la seva paret fina. Finalment la closca calcària-hialina posseeix una paret translúcida i perforada (Haynes, J. R., 2001). Juntament amb aquestes característiques, s'empren les classificacions de Langer & Schmidt-Sinns (2006), Le Calvez & Le Calvez (1958), Cimerman & Langer (1991) i Colom (1974) per poder assignar les espècies a cada individu. Respecte a la sistemàtica de cada individu s'han seguit els criteris determinats per part de *World Register of Marine Species* (WoRMS).

Els foraminífers analitzats s'han organitzat en una llista amb la següent informació: el tipus de closca (aglutinat, calcari porcel·lanoide o hialí), els taxons (nivell de família i espècie), els morfotipus de Mateu-Vicens et al. (2014), el número d'individus de cada mostra i les respectives abundàncies (Taula 1, Annex 1). Mateu-Vicens et al. (2014) considera que els foraminífers es poden dividir en cinc morfotipus en funció de la seva ecologia (Fig. 4). Les característiques pròpies d'aquests morfotipus són les següents: *A* fa referència a espècies sèssils i unides al substrat de forma permanent; *SB* agrupa tots els taxons portadors de simbionts; *B* es troba en diferents substrats fítics; *C* són individus mòbils; i *D* engloba els foraminífers mòbils que es dediquen al pasturatge i són amb freqüència oportunistes.

Morf. * Mateu-Vicens et al. (2014)		Mobilitat	Descripció	Vida
	A	Sèssil i incrustat	Majoritariament formes planes i permanentment unides al substrat per glicosaminoglucans. Exemple: *Planorbulina, Nubecularia, Miniacina*	1 any
	SB	Sèssil	Amb simbionts. Exemple: *Peneroplis, Sorites, Amphistegina* (Mediterrani oriental)	1 any
	B	Temporalment mòbil	Cares d'obertures amples. S'enganxen a partir d'una xarxa pseudopodial (Langer, 1993)	2-5 mesos
	C	Mòbil	Obertures múltiples per pseudòpodes. Extrusió de pseudòpodes (Langer, 1993)	3-4 mesos
	D	Permanentment mòbil	Única obertura en posició vertical. Formes oportunistes	Curta

Figura 4. Morfotipus (Morf. *) de Mateu-Vicens et al. (2014) juntament amb les característiques ecològiques, mobilitat i esperança de vida.

Tractament de les dades

A partir de tots els individus recopil·lats, s'obtenen dos tipus d'abundàncies (%). Per una banda, aparéixen les abundàncies corresponents als morfotipus (A-D) per cada zona estudiada. D'altra banda, es calculen les abundàncies corresponents de les espècies de foraminífers de les quals, en el present treball, es considera que les que tenen una abundància superior al 3% són les més representatives de cada zona.

Per tal de poder saber la diversitat de foraminífers establerta en cada zona estudiada de Cala Blava, es calcula l'índex de Shannon-Weaver (H'; Shannon & Weaver, 1963).

$$H' = -\sum_{i=0}^{R} pi \cdot \ln(pi)$$

on p_i fa referència a l'abundància relativa les espècie, *i* és el nombre d'individus que es troba de cada espècie i *R* representa el nombre real d'espècies (riquesa). En definitiva, pondera la riquesa específica tenint en compte les abundàncies relatives *pi* = *ni*/N.

Resultats

En el present estudi es varen enregistrar un total de 120 espècies diferents de foraminífers sobre els fons colonitzats per *H. incrassata* que es troben determinades a l'Annex 1. Aquesta distribució d'espècies s'organitza de la següent manera: 64 espècies als sediments de fons blans amb restes de *P. oceanica* morta (I), 59 espècies a pocs metres de profunditat (2 – 3 m) (II), 53 al fons profund (5 – 6 m) (III) i 58 sobre el fons rocós (IV) (Taula 1).

Els resultats obtinguts quant a l'índex de Shannon-Weaver oscil·len entre 1,51 i 1,26 i es representn a la Taula 2. Sobre aquests mateixos resultats, cal destacar que la zona II presenta un menor índex de diversitat (1.26) respecte als altres punts, mentre que el major índex (1.51) correspon a la zona I.

Taula 2. Índex de Shannon-Weaver dels distints punts estudiats de Cala Blava on apareix l' *H. incrassata:* fons blans amb restes de *P. oceanica* morta (I); fons blan a pocs metres de profunditat (2 – 3 m) (II); fons blan profund (5 – 6 m) (III); i sobre fons rocós (2 – 3 m) (IV). També aparéixen el nombre d'espècies trobades a cada mostra.

Lloc	Nº espècies	H' (índex de Shannon-Weaver)
I	64	1,51
II	59	1,26
III	53	1,29
IV	58	1,32

Les abundàncies dels morfotipus analitzats a tots els punts de la zona d'estudi es representen a la Figura 5. Tant el morfotipus SB (sèssil amb simbionts) com el D (permanentment mòbil) presenten les majors abundàncies a totes les zones analitzades encara que la distribució no sigui la mateixa. Tot i així, l'abundància per al morfotipus SB oscila entre el 34-49% mentre que el morfotipus D oscila entre el 57-39%.

Els percentatges restants de major a menor fan referència al morfotipus B (temporalment mòbil), morfotipus C (mòbil) i finalment el morfotipus A (sèssil-incrustant) (Fig. 5).

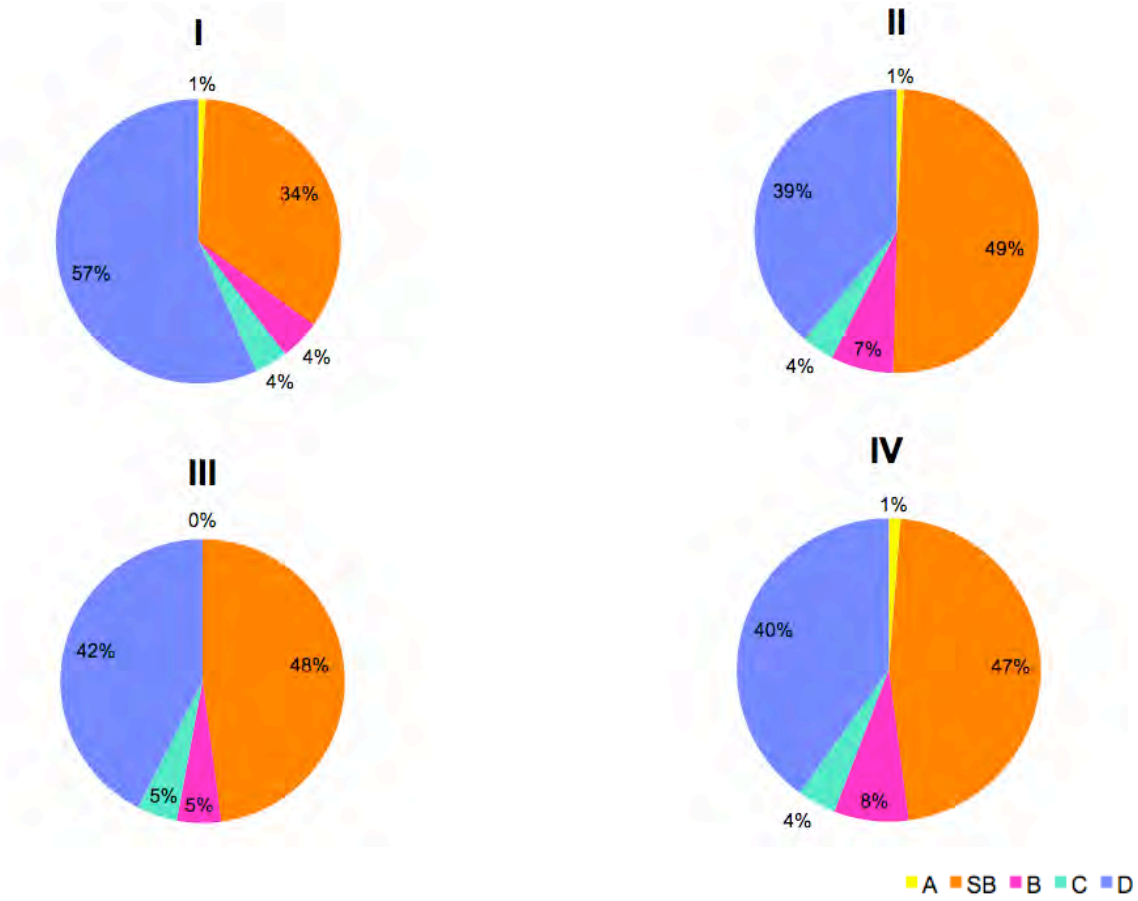

Figura 5. Distribució dels morfotips de foraminífers trobats a Cala Blava a les zones estudiades (I-IV) amb presència d'*H. incrassata.* Sèssil i incrustant (A), sèssil amb simbionts (SB), temporalment mòbil (B), mòbil (C), permanentment mòbil (D).

Les espècies dominants que es varen poder trobar a les diferents zones amb una abundància major al 3% varen ser: *Cibicides refulgens* Montfort, 1808 i *Elphidium crispum* (Linnaeus, 1758) entre les espècies calcaries perforades i de morfotipus B i C respectivament; de caràcter porcel·lanoide es varen trobar les espècies *Peneroplis pertusus* (Forskål, 1775), *P. planatus* (Fichtel & Moll, 1798) (ambudes amb morfotipus SB), *Quinqueloculina bicarinata* d'Orbigny, 1826, *Q. lamarckiana* d'Orbigny, 1839, *Q. ungeriana* d'Orbigny, 1846, *Siphonaperta irregularis* (d'Orbigny, 1878), *S. quadrata* Nørvang, 1945, *Spiroloculina ornata* d'Orbigny, 1839 i *Vertebralina striata* d'Orbigny, 1826, amb un morfotipus D. No es va observar en cap cas la presència d'espècies aglutinades (Taula 3; Làmina 1).

Tot i que no presenti una abundància dominant als punts de l'estudi, és necessari destacar la presència d'una espècie de foraminífer que fins al moment no s'ha trobat mai en tot el Mar Mediterrani. Es tracta de *Parasorites / Broeckina orbitolitoides* (Hofker, 1930), un macroforaminífer de la família Soritidae o Cornuspiridae que es troba vinculat a substrats arenosos (Renema et al. 2001) (Làmina 1). El gènere d'aquesta espècie només es pot distingir a partir d'anàlisis mol·leculars.

Taula 3. Llistat d'espècies dominants i el seu percentatge. Apareixen els morfotips de cada espècie: sèssil amb simbionts (SB), temporalmente mòbil (B), mòbil (C) i permanentment mòbil (D). Fons blans amb restes de *P. oceanica* morta (5 – 6m) (I); pocs metres de profunditat (2 – 3 m) (II); fons blan profund (5 – 6 m) (III); sobre fons rocós (2 – 3 m) (IV). * Morfotipus de Mateu-Vicens et al. (2014).

Nom d'espècies	**Morf.***	**I (%)**	**II (%)**	**III (%)**	**IV (%)**
Peneroplis pertusus (Forskål, 1775)	SB	19.17	37.5	26.25	29.17
Peneroplis planatus (Fichtel & Moll, 1798)	SB	9.58	9.58	17.92	15
Siphonaperta irregularis (d'Orbigny in Terquem, 1878)	D	5.83	0.00	0.00	0.00
Siphonaperta quadrata Nørvang, 1945	D	4.58	0.00	0.00	0.00
Vertebralina striata d'Orbigny, 1826	D	3.33	0.00	0.00	4.17
Spiroloculina ornata d'Orbigny, 1839	D	3.33	0.00	0.00	0.00
Elphidium crispum (Linnaeus, 1758)	C	0.00	3.75	0.00	0.00
Quinqueloculina lamarckiana d'Orbigny, 1839	D	0.00	3.75	0.00	0.00
Quinqueloculina ungeriana d'Orbigny, 1846	D	0.00	0.00	6.25	3.33
Quinqueloculina bicarinata d'Orbigny, 1826	D	0.00	0.00	4.17	3.33
Cibicides refulgens Montfort, 1808	B	0.00	0.00	3.33	0.00

Lamina 1. 1) *Peneroplis pertusus* (Forskål, 1775), X35; 2) *P. planatus* (Fichtel & Moll, 1798), X30; 3) *Siphonaperta quadrata* Nørvang, 1945, X30; 4) S. irregularis (d'Orbigny in Terquem, 1878), X30 ; 5) *Vertebralina striata* d'Orbigny, 1826, X40; 6) *Spiroloculina ornata* d'Orbigny, 1839, X30; 7) *Elphidium crispum* (Linnaeus, 1758), X30; 8) *Quinqueloculina lamarckiana* d'Orbigny, 1839, X30; 9) *Q.*

ungeriana d'Orbigny, 1846, X30; 10) *Q. bicarinata* d'Orbigny, 1826, X40; 11) *Cibicides refulgens* Montfort, 1808, X35; * *Parasorites / Broeckina orbitolitoides* (Hofker, 1930), X30.

La major diversitat de foraminífers d'entre les espècies dominants es va trobar a la zona I (6 espècies), seguit per les zones III i IV (5 espècies) i finalment una menor diversitat a la zona II (4 espècies). El gènere més abundant i repetit a totes les zones va ser *Peneroplis* (*P. pertusus* i *P. planatus*). La presència de *Vertebralina striata* només va ser notable a la zona I i II. No obstant, les espècies restants de la zona I no coincidents amb els altres punts estudiats foren *Siphonaperta irregularis*, *S. quadrata* i *Spiroloculina ornata.* A la zona II també es varen poder quantificar les espècies *Elphidium crispum* i *Quinqueloculina lamarckiana* les quals no es varen trobar a cap dels altres punts analitzats. A la zona III apareix de manera exclusiva *Cibicides refulgens,* tot i així, comparteix les espècies *Quinqueloculina ungeriana* i *Q. bicarinata* amb la mostra IV (Fig. 6).

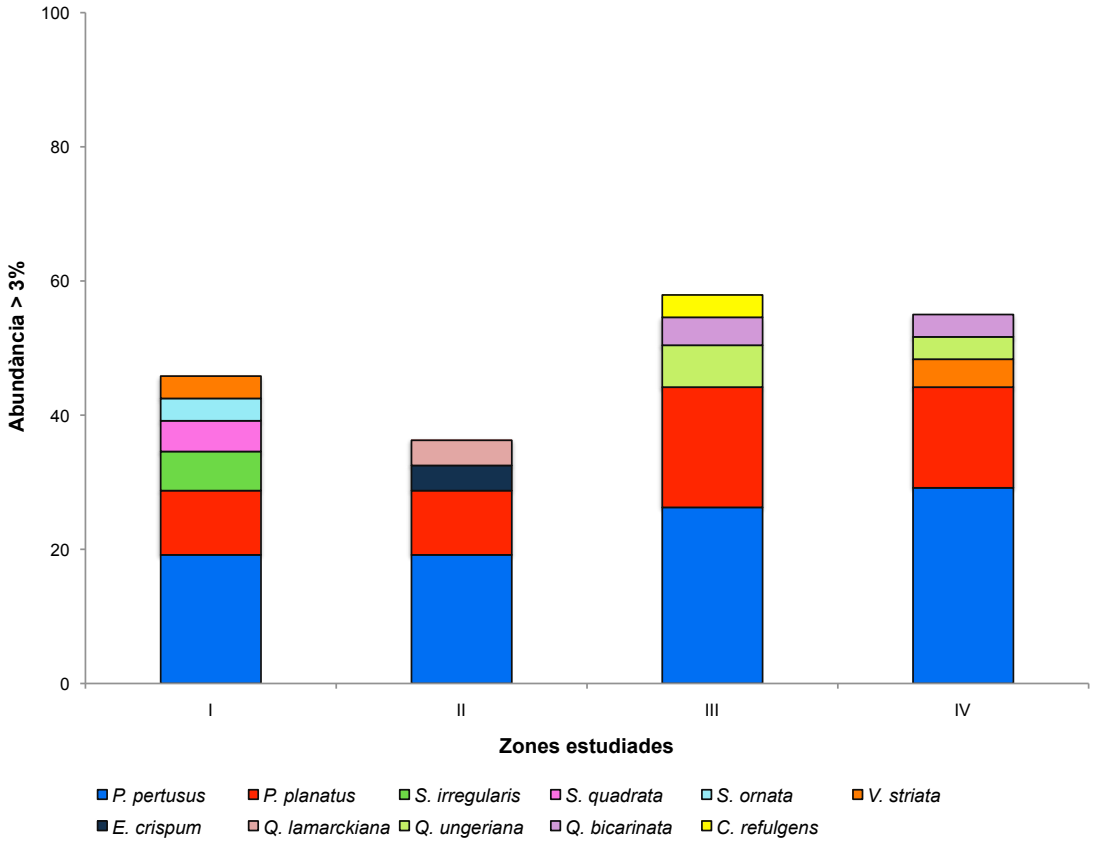

Figura 6. Abundància d'espècies en funció de les més representatives (> 3%) presents a les quatre zones estudiades de Cala Blava.

Discussió

Les pastures marines actúen com a llocs d'acumulació de partícules sedimentàries i llocs de producció gràcies a la reducció de les velocitats dels fluxes per part de les estructures foliars de les plantes. També juguen un paper fonamental com a aliment per a molts d'organismes herbívors i també proporcionen substrats per una gran quantitat d'organismes epífits els quals després de la mort aporten carbonats al sediment (Mateu-Vicens et al., 2014; Debenay et al., 2010; Buosi et al., 2012). Un dels components calcaris, epífits, més abundants són els foraminifers els quals una vegada morts es depositen al substrat proporcionant una capa de matèria orgànica que actúa com a font d'aliment per a altres organismes (Murray, 2000; Schmeield et al., 2000).

Algunes condicions ambientals juguen un paper fonamental sobre l'ecologia i el cicle de vida dels foraminífers. Mentre que el llum és important per al correcte desenvolupament de la fanerògama, la transparència de l'aigua facilita la proliferació dels foraminífers i el gradient de la temperatura de l'aigüa afavoreix la calcificació de les seves closques (Mateu-Mateu, 1966). Al llarg del temps s'han realitzat diversos estudis a les costes de Mallorca per veure la composició de foraminífers que es troben sobre les praderies de *P. oceanica*. Degut a l'establiment d' *H. incrassata* es va decidir analitzar les associacions dels foraminífers presents en el sediment de l'alga invasora i voltants colonitzats de *P. oceanica* per tal d'observar el paper d'aquesta alga com a possible vector d'introcucció d'epibionts exòtics i/o com a factor capaç d'alterar el substrat sedimentari dels llocs conquerits. D'aquesta manera, a partir dels resultats obtinguts en aquest treball, s'ha pogut establir una comparació entre dita actualitat i les associacions de foraminífers estudiades anys enrere a partir de treballs de Crespí (1922), Colom (1935), Mateu-Mateu (1966) i Mateu-Vicens et al. (2014).

Els primers estudis realitzats a zones properes de Cala Blava descriuen una associació de foraminífers amb morfotipus SB de peneròplids i sorítids, representants dels quals es caracteritzen per viure a aigües litorals de poca profunditat (Crespí, 1922; Colom 1935). Una investigació posterior duita a terme per Mateu-Mateu (1966) va determinar els percentatges de les families de foraminífers trobades: Miliolidae 40%, Discorbidae 20%, Elphididae 20%, Cibicidae 10%, Rotalidae 5%, Planorbulinidae 4% i Peneroplidae 1%. L'abundància dels miliòlids, els quals es reprodueixen de forma anual, es deu al seu paper hoste pel fet de que els rizomes actúen com a lloc d'emmagatzament per aquests foraminífers. Dècades més tard, a una de les zones d'estudi de Mateu-Vicens et al. (2014) a Cala Blava es trobaren de

forma abundant closques de *Lobatula lobatula*, *Nubecularia lucifuga* (Defrance, 1825), *Planorbulina mediterranensis* (d'Orbigny, 1826)*, P. pertusus*, *P. planatus*, *Q. berthelotiana* (d'Orbigny, 1839) i en menor grau *Elphidium crispum*, *N. massutiniana* (Colom, 1942), *Q. vulgaris* (d'Orbigny, 1826) (veure Taula 4, Annex 2). El que és important destacar des de els primers estudis de Crespí (1922) i Colom (1935) fins a l'actualitat és que en tot cas s'han descrit les mateixes associacions de peneròplids i sorítids però a diferència d'aquest treball, en cap moment hi apreixen comunitats de *Parasorites / Broeckina*.

L'efecte de la presència i el creixement d'*H. incrassata* es veu influenciat per les característiques que presenta el Mediterrani: altes temperatures durant l'estiu, elevada irradiació solar, la presència de fons arenosos descoberts i l'absència de consumidors natius específics pel fet de ser una macroalga calcificada i desagradable al produïr metabolits secundaris per a peixos i herbívors (Wefer & Kilingley, 1986; Multer, 1988; Demes et al. 2009; Targett et al., 1986). Les associacions de foraminífers propies de les zones colonizades per *H. incrassata* estan dominades principalment per *P. pertusus*, *P. planatus* (ambdós de morfotipus SB) i en menor mesura per *S. irregularis*, *S. quadrata*, *V. striata*, *S. ornata*, *E. cripsum*, *Q. lamarckiana*, *Q. ungeriana*, *Q. bicarinata* i *C. refulgens*. Tot i que no siguin molt abundants, cal mencionar la presència d'altres foraminífers de morfotipus SB els quals són o poc abundants o innexistents si feim referència als substrats de les praderies de *P. oceanica*. Aquests foraminífers i els respectius simbionts són en primer lloc *S. orbiuclus* (dinoflagelats), *L. karreri* (algues verdes) i en segon lloc i per primera vegada *Parasorites / Broeckina orbitolitoides* (algues verdes).

Tal i com explica Alòs et al. (2016) sobre les evidències mol·leculars de l'*H. incrassata* establerta recentment (2011) a la conca mediterrània, prové de l'Atlàntic emperò cal recordar que aquesta alga es pot trobar en una àrea geogràfica atlantico-pacífica. Estudiant els organismes del sediment de l'alga ens hem trobat amb un nou foraminífer el qual no s'ha citat amb anterioritat en tot el Mediterrani i el seu gènere només es pot distingir en el cas de que es duguin a terme anàlisis mol·leculars. Pel que explica Saraskwati et al. (2003), assegura que la procedència de *P. / B. orbitolitoides* és de caràcter Indo-Pacífic mentre que el de *B. orbitolitoides* és d'origen Atlàntic (Hallock & Peebles, 1993). No obstant, aquesta associació alga-foraminífer no es pot afirmar de forma rigorosa, ja que al llarg de l' estudi no s'ha observat al *Parasorites / Broeckina* sobre el tal·lus de *Halimeda,* sino que aquest protozou s'ha trobat en tot cas formant part del sediment o sobre petites restes de posidònia. Tenint en compte l'absència de bibliografia, la procedència d'ambdós organismes (alga i

foraminífer) i desconéixer el gènere del foraminífer trobat, és difícil extreuren una conclusió que indiqui l'arribada de cada un d'ells. En aquest treball no es descarta la possibilitat de que el foraminífer provengui del Pacífic a partir d'activitats antropogèniques tractant-se així d'una entrada independent a la de *H. incrassta*. Tot i així, seria interessant dur a terme una revisió mol·lecular de l'alga i realitzar-la per primer cop al foraminífer per poder consolidar l'origen d'ambdós organismes.

H. incrassata s'ha adaptat bé a les zones descobertes de la costa de Cala Blava i a poca profunditat en el Mediterrani occidental (Alòs et al., 2016). Les condicions climàtiques que es donen durant l'estiu (llum i temperatura), pot afavorir la proliferació dels foraminífers de morfotipus SB. En la mateixa zona també s'hi troba la macroalga *D. vermicularis*. El fet de que hi hagi aquestes dues algues verdes al lloc d'estudi, suposa que ambdues competeixin pel mateix espai a més de que *H. incrassata* causa un estrès oxidatiu quant a danys cel·lulars sobre *D. vermicularis* (Sureda et al., 2017). Tot i així, aquestes dues algues verdes es troben lligades a la producción d'una proliferació de foraminífers amb morfotipus SB en comparació a anys enrere ja que alguns d'ells tenen com a simbionts algues verdes.

A les zones de l'estudi on hi apareix *H. incrassata,* les espècies de foraminífers més abundants són de morfotipus SB. La presència de foraminífers amb aquest morfotipus es relaciona amb condicions ecològiques i arquitectòniques de la zona en qüestió. Així doncs, aquests tipus d'espècies són abundants quan la temperatura és elevada, hi ha molta disponibilitat de llum perquè els simbionts puguin realitzar la fotosíntesis, les aigües són clares i les praderies de *P. oceanica* es troben en pendents de baix angle i en aigües superficials (Hallock, 2002; Mateu-Vicens et al. 2014). Un altre dels possibles fets de que aquests tipus de morfotipus sigui tan elevat a la zona de Cala Blava és la presència d'un seguit d'agrupacions d'algues que s'hi troben les quals actúen com a simbionts. D'aquesta manera, per les espècies de *Peneroplis* el simbiont prové de les algues vermelles, per als sorítids dinoflagelats i per *L. karreri* i *P./B. orbitolitoides* les algues verdes. Aquestes algues verdes s'associen amb l'increment d' *H. incrassata* així com també la presència de *D. vermicularis*. Cal tenir en compte que la presència tant de *P. oceanica* com d' *H. incrassata* encara que competeixin pel mateix espai, no presenten evidències de danys cel·lulars entre elles (Sureda et al., 2017)

El següent morfotipus més abundant que apareix a totes les mostres és el D. Aquest tipus de foraminífer inclou formes resistents amb períodes de vida curts i adaptats

fonamentalment a ambients i sediments rics en nutrients, com és el cas dels rizomes de la *P. oceanica* (Mateu-Vicens et al., 2014).

Després d'analitzar les abundàncies dels morfotipus de tots els foraminífers presents a l'estudi, s'observa que l'A és pràcticament inexistent. Aquest morfotipus es caracteritza per tenir un període de vida curt d'uns 3 o 4 mesos i s'associa a les praderies estables de *P. oceanica* (Mateu-Vicens et al., 2014). El percentatge del morfotipus B és una mica més elevat respecte el morfotipus A i això s'explica pel fet de que el primer té un cicle més ràpid (B: 2-5 mesos) respecte del segon (A un any).

La presència del morfotipus C a totes les mostres és més be escassa i està representat per la familia Elphididiidae. Aquesta familia es caracteritza per englobar espècies que són tolerants a l'estrès (tenen forma arrodonida i no són epífits) associades als sediments rics en composts orgànics i altres espècies de caire epífit que s'associen a algues brancoses a les quals s'hi enganxen mitjançant la xarxa de pseudopodis que extreuen de la seva closca per poder capturar menjar (Sen Gupta et al., 1996; Carnahan et al., 2009).

La diversitat de foraminífers a nivell d'espècie a la zona d'estudi de Cala Blava a partir del càlcul de l'índex de Shannon-Weaver indica que aquesta va ser baixa (H'<3; Debenay et al., 2010; Mateu-Vicens et al., 2014) ja que els seus valors oscil·len entre 1,51 i 1,26. Tot i que aquests valors indiquin que la diversitat en conjunt no és notable, cal destacar que en comparació amb altres estudis, s'hi observa un increment força abundant dels foraminífers en quant al morfotipus SB.

La compareixença d'espècies de macroalgues invasores pot causar canvis en la comunitat d'invertebrats (Deudero et al., 2009) i augmentar la presència de més oportunistes i espècies generalistes (Box, 2008). Tal i com s'ha pogut observar al llarg d'aquest estudi, s'ha aumentat la presència de foraminífers SB. Respecte a la comunitat posidonícola, *S.orbiculus* és molt més abundant a llocs on hi predominen les dues macroalgues verdes. També ha aparegut un nou foraminífer (*P./ B. orbitolitoides*) el qual no s'ha citat a llarg del Mediterrani i pel que és possible associar-lo a l'arribada d' *H. incrassata*.

Conclusió

- L'arribada de la macroalga *H. incrassata* ha comportat una sèrie de canvis quant a la composició sedimentària pròpia de les zones de l'entorn on hi predomina la *P. oceanica.* Un dels fets principals que ens duu a pensar això és l'augment de foraminífers de morfotipus SB en comparació a estudis anteriors. Aquest augment d'espècies (morfotipus SB) es deu a la presència d'algunes macroalgues verdes (*H. incrassata* i *D. vermicularis*) les quals formen part dels simbionts dels foraminífers més abundants que s'han trobat en aquest estudi.

- Tot i que les evidències mol·leculars apunten que *H. incrassata* s'ha establert a la conca mediterrània a partir de l'Atlàntic, no es descarta que *Parasorites / Broeckina orbitolitoides pugui* provenir del Pacífic a partir d'aigües de llast o biofoulding.

Agraïments

M'agradaria agraïr tot l'esforç i ànims depositats en aquest treball per part de l'estudiant de doctorat Anna Khokhlova i en especial al meu tutor el Dr. Guillem Mateu Vicens. De ben segur que sense l'ajuda d'ells dos no hagués estat possible la recollida de mostres així com l'aprenantatge a nivell professional i personal que he adquirit al llarg de tot aquest temps. Gràcies per tot.

Referències

Alos, J. et al. (2016). Fast-spreading green beds of recently introduced Halimeda incrassata invade Mallorca island (NW Mediterranean Sea). MEPS 558: 153 – 158.

Bach, S.D. (1979). Standig crop, growth and productivity of calcareus siphonales (*Chlorophyta*) in a south Florida lagoon. Bull. Mar. Sci. 29: 191 – 201.

Balestri, E. et al. (2017) Recruitment and Patch Establishment by Seed in the Seagrass Posidonia oceanica: importante and Conserv ation implications. Front. Plant. Sci. 8: 1067.

Blanc-Vernet, L. (1969). Contribution a l'etude des foraminifères de Méditerranée: Recueil des travaux de la Station Marine d'Endoume. 64: 1 – 279.

Boudouresque, C.F. (1999). Introduced species in the Mediterranean: routes, kinetics and consequences. In: Proceedings of the Workshop on Invasive Caulerpa in the Mediterranean, Heraklion, Crete, Greece, March 18 – 20, 1998. UNEP, Athens, Greece. 51 – 72.

Boudouresque, C.F. & Verlaque, M. (2002). Biological pollution in the Mediterranean Sea: invasive versus introduced macrophytes. Marine Pollution Bulletin. 44: 32 – 38.

Boudouresque CF, et al. (2011). Biological invasions: the Thau lagoon, a Japanese biological island in the Mediterranean Sea. In: Ceccaldi HJ, Dekeyser I, Girault M, Stora G (eds). Global change: mankind-marine environment interactions. Proceedings of the 13ts French-Japanese Oceanography Symposium. Springer, Dordrecht.

Box, A. et al. (2008). Antioxidant response and caulerpenyne production of the alien *Caulerpa taxifolia* (Vahl) epiphytzed by the invasive algae *Lophocladia lallemandii* (Montagne): Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 363: 24 – 28.

Buosi C., et al. (2012). Benthic foraminiferal assemblages in the current-dominated Straits of Bonifacio (Mediterranean sea). Journal of Foraminiferal Research. 42: 39 – 55.

Carlton, J.T. (1985). Transoceanic and interoceanic dispersal of coastal marine organisms; the biology of ballast water. Oceanography and Marine Biology Annual Review. 23: 313 – 373.

Carnahan, E. A., et al. (2009). Foraminiferal assembalages in Byscayne Bay, Florida, USA: responses to urban and agricultural influence in a subtropical estuary: Marine POllution Bulletin. 59: 221 – 233.

Casola, E. et al. (1987. Structure of the epiphytic community of *Posidonia oceanica* leaves on a shallow medow. P. S. Z. N. I. Mar. Ecol. 8: 285 – 296.

Clifton, K. E. (1997). Mass spawning by green algae on coral reefs. Science. 275: 1116 – 1118.

Cimerman, F. & Langer, M.R. (1991). Mediterranean Foraminifera: Slovenska Akademija Znanosti, Ljubljana, 118 p.

Colom, G. (1974). Foraminíferos Ibéricos. Introducción al estudio de las especies bentónicas recientes: Investigación Pesquera. 38: 1 – 245.

Crespí, A. (1922). Butlletí de la Institució Catalana d'Historia Natural. Contribució a l'estudi dels Foraminifers de les Balears I. La Sèrie Peneròplica Balear. p. 98 – 102.

Debenay, JP & Payri CE. (2010) Epiphytic foraminiferal assemblages on macroalgae in reefal environments of New Caledonia. Journal of Foraminiferal Research. 40: 36 – 60.

Demes K.W. et al. (2009). The effects of phosphate on the biomineralization of the green alga, *Halimeda incrassata* (Ellis) Lam. J Exp Mar Biol Ecol. 374: 123 – 127.

Deudero, S. et al. (2009). Interacton between the invasive macroalga *Lophocladia lallemandii* and the bryozoan *Reteporella Grimaldi* at seagrass Meadows: density and psysiological response. Biological Invasions. DOI 10.1007/s10530-009-9428-1.

Freile, D. & Hillis, L. (1997). Carbonate production by *Halimeda incrassata* in a land proximal lagoon, Pico Feo, San Blas, Panama. In: Proceeding of the of the 8th International Coral Reef Symposium. 1: 767 – 772.

Gacia, E. et al. (1999). An approach to measurement of particle flux and sediment retention within seagrass (*Posidonia oceanica)* meadows. Aquatic Botany. 65: 255 – 268.

Hallock, P. & Peebles, M.W. (1993). Foraminifera with chlorophyte endosymbionts: habitats of six species in the Florida Keys. Mar. Micropaleont. 20: 227 – 292.

Hallock, P. (2002). Symbiont-bearing foraminifera, *in* Sen Gupta, B. K. (ed.), Modern Foraminifera: Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p. 124 – 139.

Haynes, J. R. (2001). Foraminifera. Encyclopedia of Life Science.

Hoffman, R. (2013). Alien benthic algae and seagrasses in the Mediterranean Sea and their connection to global warming.

Hoffman, R. & Dubinsky, Z. (2010). Invasive and Alien Rhodophyta in the Mediterranean anda long the Israeli shores. In: Seckbach J, Chapman DJ (eds) Red algae in genome age. Cellular origin, life in extreme habitats and astrobiology, 13th edn. Springer Publishers, Dordrecht.

Hohenegger, J. et al. (1999). Habitats of larger Foraminifera on the upper reef slope of Sesoko Island, Okinawa, Japan. Mar. Micropaleont. 36: 109 – 168.

Hottinger, L. (1977). Distribution of larger Peneroplidae, Borelis and Nummulitidae in the Gulf of Elat, Red Sea. Utrech Micropaleontological Bulletin. 15: 35 – 109.

Langer, M. R. (1993). Epiphytic foraminifera. Marine Micropaleontology. 20: 235 – 265.

Langer, M. R. & Schmidt-Sinns, J. (2006). The 100 most common Foraminifera from the Bay of Fetovaia, Elba Island (Mediterranean Sea). Institut für Paläntologie, Universität Bonn. 37 p.

Le Calvez, J., & Le Calvez, Y. (1958). Répartition des foraminifères Dans la Baie de Villefranche. I. Miliolidae: Annals de l'Institut Océanographique. 35: 159 – 234.

Mabrouk, L. et al. (2014). Diversity and temporal fluctuations of epiphytes and sessile invertebrates on the rhizomes *Posidonia oceanica* in a seagrass meadow off Tunisia. Marine Ecology. 35: 212 – 220.

Marbà, N. et al. (2014). Mediterranean seagrass (Posidonia oceanica) loss between 1842 and 2009. Biological Conservation 176: 183 – 190.

Mateu-Vicens, G. et al. (2014). Epiphytic foraminiferal indices as bioindicators in mediterranean seagrass Meadows. Journal of Foraminiferal Research 44: 325 – 339.

Mazzella, L. et al. (1989). Spatio-Temporal Distribution of Algal and Animal Communitie in a Posidonia oceanica Meadow. Marine Ecology, 10 (2): 107 – 129.

Multer, H.G. (1988). Growth rate, ultrastructure and sediment contribution of *Halimeda incrassata* and *Halimeda monile*, Nonsuch and Falmouth Bays, Antigua. W.I. Coral Reefs. 6: 179 – 186.

Murray, J.W. (2000) The enigma of the continued use of total assemblages in ecological studies of benthic foraminifera: Journal of Foraminiferal Research. 30: 244 – 245.

Perry, C.T. & Beavington-Penney, S.J. (2005). Epiphytic calcium carbonate production and facies development within sub-tropical seagrass beds, Inhaca Island, Mozambique. Sedimentary Geology. 174: 161 – 176.

Por, F.D. (1971). 100 years of Suez Canal-century of Lessepsian migration- Retrospect and viewpoints. Syst Zool. 20: 138 – 159.

Por, F.D. (1978). Lessepsian migration: the influx of Red Sea biota into the Mediterranean by way of the Suez Canal. Springer, Berlin/Heidelberg/New York.

Renema, W. et al. (2001). Larger benthic foraminifera and their distribution patterns on the Spermonde shelf, South Sulawesi. Zool. Verh. Leiden. 334: 115 – 149.

Ribera, M.A. & Boudouresque, C.F. (1995). Introduced marine plants, with special referente to macroalgae: mechanisms and impact. In: Round, F.E., Chapman, D.J. (Eds.), Progress in Phycological Research. Biopress Ltd Publ. 11: 187 – 268.

Saraswati, PK et al. (2003). Distribution of Larger Foraminifera in the Reef Sediments of Akajima, Okinawa, Japan. Journal Geological Society of India. 61: 16 – 21.

Schmiedl, G. et al. (2000). Trophic control of benthic foraminiferal abundante and microhabitat in the bathyal Gulf of Lions, western Mediterranean Sea. Marine micropaleontology. 40: 167 – 188.

Sen Gupta, B. K., Turner, R. E., and Rabalais, N. N. (1996). Seasonal oxygen depletion on continental-shelf waters of Louisiana: historical records on benthic foraminifera: Geology. 24: 227 – 230.

Shannon, C.E. & Weaver, W. (1963). The Mathematical Theory of Communication: University of Illinois Press. Urbana. 144 p.

Steinker, D. D. & Clem, K. V. (1984). Some near-shore foraminiferal assemblages from phytal and bottom sediments, Bermuda. The Compas. 61: 98 – 115.

Targett NM. et al. (1986). Effect of macrophyte secondary metabolites on feeding preferences of the herbivorous parrotfish *Sparisoma radians*. Mar Biol. 92: 141 – 148.

Verbruggen, H. et al. (2006). Phylogeny and taxonomy of Halimeda incrassata, including descriptions of H. kanaloana and H. heteromorpha spp. No. (Bryopsidales, Chlorophyta). European Journal of Phycology. 41(3): 337 – 362.

Vergés, A. et al. (2014). The tropicalization of temperate marine ecosystems: climate-mediated changes in herbivory and community phase shifts. Proc. R. Soc. B. 281: 20140846.

Wefer, G. & Killingley, J. S. (1986) Carbon isotopes in organic matter from a benthic alga Halimeda incrassata (Bermuda): effects of Light intensity. Chemical Geology (Isotope Geoscience Section). 59: 321 – 326.

Wefer, G. (1989). Carbonate production by algae *Halimeda*, *Penicillus* and *Padina.* Nature. 285: 323 – 324.

Williamson, M. & Fitter, A. (1996). The varying success of invaders. Ecology. 77 (6): 1661 – 1666.

WoRMS Editorial Board (2017). World Register of Marine Species. Available from http://www.marinespecies.org at VLIZ. Accessed 2017-09-05. Doi: 10.14284/170

Zenetos, A. et al. (2005). Annotated listo f marine alien species in the Mediterranean with records of the worst invasive species. Mediterr Mar Sci. 6: 63 – 118.

Zenetos, A. et al. (2010). Alien species in the Mediterranean Sea. A contribution to the application of European Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part I. Spatial distribution. Mediterr Mar Sci. 11: 381 – 49.

ANNEX 1

Taula 1. Llista del nombre de foraminífers trobats a cada mostra corresponents als substrats de fons blans amb restes de *Posidonia oceanica* (5 – 6m) (I), a una profunditat de 2-3 metres (II), 5 - 6 metres (III) i sobre fons rocós (2 – 3 m) (IV). També s'hi especifica el tipus de closca, el nivell taxonòmic (familia i espècie) i el morfotip segons Langer (1993) i el seu percentatge respecte al total de la mostra.

Closca	Familia	Espècie	M.	I	%I	II	%II	III	%III	IV	%IV
Porcellanoide	Spiroloculinidae	*Adelosina cliarensis*	D	1	0,42	0	0	1	0,42	0	0
		Adelosina laevigata	D	0	0	0	0	1	0,42	0	0
		Adelosina mediterranensis	D	2	0,83	1	0,42	0	0	0	0
	Hauerinidae	*Affinetrina planciana*	D	1	0,42	1	0,42	5	2,08	1	0,42
		Articulina carinata	D	1	0,42	0	0	0	0	0	0
		Biloculinella elongata	D	0	0	1	0,42	0	0	0	0
		Cycloforina contorna	D	0	0	2	0,83	0	0	0	0
		Cycloforina sp.	D	1	0,42	0	0	0	0	0	0
		Cycloforina tenuicollis	D	0	0	0	0	1	0,42	1	0,42
		Cycloforina villafranca	D	0	0	2	0,83	1	0,42	1	0,42
		Lachlanella bicornis	D	0	0	0	0	1	0,42	0	0
		Lachlanella variolata	D	0	0	0	0	1	0,42	0	0
		Massilina annectens	D	0	0	1	0,42	1	0,42	0	0
		Massilina secans	D	0	0	1	0,42	0	0	0	0
		Miliolinella dilatata	D	3	1,25	4	1,67	0	0	1	0,42
		Miliolinella labiosa	D	1	0,42	1	0,42	1	0,42	1	0,42
		Miliolinella semicostata	D	2	0,83	0	0	2	0,83	3	1,25
		Miliolinella sidebottomi	D	1	0,42	2	0,83	1	0,42	0	0
		Miliolinella sp.	D	3	1,25	4	1,67	0	0	4	1,67
		Miliolinella suborbicularis	D	4	1,67	0	0	0	0	1	0,42
		Miliolinella subrotunda	D	6	2,5	1	0,42	1	0,42	5	2,08
		Pseudotriloculina laevigata	D	0	0	1	0,42	2	0,83	1	0,42
		Pseudotriloculina oblonga	D	0	0	1	0,42	0	0	2	0,83
		Pseudotriloculina rotunda	D	5	2,08	1	0,42	0	0	0	0
		Pseudotriloculina sidebottomi	D	1	0,42	0	0	0	0	0	0
		Pseudotriloculina sp.	D	0	0	0	0	1	0,42	0	0
		Miliolinella webbiana	D	0	0	0	0	0	0	1	0,42
		Pyrgo anomala	D	0	0	0	0	1	0,42	0	0
		Quinqueloculina auberiana	D	4	1,67	0	0	0	0	0	0
		Quinqueloculina bicarinata	D	2	0,83	4	1,67	10	4,17	8	3,33
		Quinqueloculina bosciana	D	1	0,42	0	0	0	0	0	0
		Quinqueloculina bradyana	D	2	0,83	0	0	3	1,25	1	0,42
		Quinqueloculina costata	D	1	0,42	1	0,42	0	0	0	0
		Quinqueloculina disparilis	D	2	0,83	3	1,25	1	0,42	0	0
		Quinqueloculina irregularis	D	1	0,42	1	0,42	0	0	1	0,42
		Quinqueloculina laevigata	D	3	1,25	2	0,83	0	0	2	0,83
		Quinqueloculina lamarckiana	D	2	0,83	9	3,75	2	0,83	7	2,92
		Quinqueloculina limbata	D	0	0	0	0	0	0	1	0,42
		Quinqueloculina oblonga	D	1	0,42	0	0	0	0	0	0
		Quinqueloculina padana	D	0	0	1	0,42	0	0	1	0,42
		Quinqueloculina parvula	D	2	0,83	1	0,42	0	0	1	0,42
		Quinqueloculina poeyana	D	0	0	0	0	1	0,42	0	0
		Quinqueloculina pseudobuchiana	D	3	1,25	1	0,42	0	0	0	0
		Quinqueloculina quadrata	D	0	0	0	0	0	0	5	2,08
		Quinqueloculina seminula	D	6	2,5	7	2,92	3	1,25	4	1,67
		Q. seminula var. jugosa	D	0	0	0	0	1	0,42	0	0
		Quinqueloculina sp.	D	1	0,42	1	0,42	3	1,25	2	0,83
		Quinqueloculina stalkeri	D	1	0,42	0	0	0	0	0	0
		Quinqueloculina stelligera	D	0	0	0	0	0	0	1	0,42
		Quinqueloculina ungeriana	D	3	1,25	7	2,92	15	6,25	8	3,33
		Quinqueloculina vulgaris	D	5	2,08	4	1,67	5	2,08	0	0
		Q. vulgaris var. cornuta	D	1	0,42	0	0	4	1,67	0	0
		Siphonaperta agglutinans	D	1	0,42	0	0	1	0,42	0	0
		Siphonaperta aspera	D	1	0,42	0	0	0	0	0	0

		Siphonaperta dilatata	D	0	0	1	0,42	0	0	1	0,42
		Siphonaperta irregularis	D	14	5,83	4	1,67	3	1,25	2	0,83
		Siphonaperta quadrata	D	11	4,58	5	2,08	2	0,83	3	1,25
		Siphonaperta sp.	D	0	0	2	0,83	0	0	0	0
		Siphonaperta vulgaris	D	0	0	0	0	0	0	1	0,42
		Triloculina dilatata	D	1	0,42	0	0	0	0	0	0
		Triloculina laevigata	D	1	0,42	0	0	0	0	1	0,42
		Triloculina oblonga	D	2	0,83	1	0,42	2	0,83	0	0
		Triloculina ornata	D	0	0	1	0,42	0	0	0	0
		Triloculina plicata	D	0	0	0	0	1	0,42	0	0
		Triloculina schreiberiana	D	1	0,42	0	0	0	0	0	0
		Triloculina sp.	D	0	0	0	0	0	0	1	0,42
		Triloculina trigonula	D	0	0	0	0	2	0,83	0	0
		Triloculinella sp.	D	0	0	0	0	1	0,42	0	0
	Peneroplidae	*Laevipeneroplis karreri*	SB	5	2,08	2	0,83	3	1,25	3	1,25
		Peneroplis pertusus	SB	46	19,17	90	37,5	63	26,25	70	29,17
		Peneroplis planatus	SB	23	9,58	23	9,58	43	17,92	36	15
	Nubeculariidae	*Nubecularia lucifuga*	A	0	0	1	0,42	0	0	0	0
	Soritidae ò Cornuspiridae	*Parasorites /Broeckina orbitolitoides*	SB	7	2,92	3	1,25	6	2,5	3	1,25
		Sorites orbiculus	SB	1	0,42	1	0,42	0	0	0	0
	Rotaliidae	*Ammonia beccarii*	B	0	0	0	0	0	0	1	0,42
	Sigmoilinitidae	*Sigmoilinita costata*	D	5	2,08	1	0,42	0	0	3	1,25
		Sigmoilinita grata	D	3	1,25	1	0,42	1	0,42	0	0
		Sigmoilinita tenuis	D	0	0	0	0	0	0	1	0,42
	Spiroloculinidae	*Spiroloculina angulosa*	D	0	0	0	0	0	0	1	0,42
		Spiroloculina cymbium	D	1	0,42	0	0	1	0,42	0	0
		Spiroloculina depressa	D	1	0,42	1	0,42	0	0	0	0
		Spiroloculina dilatata	D	3	1,25	0	0	0	0	1	0,42
		Spiroloculina krumbachi	D	0	0	0	0	1	0,42	0	0
		Spiroloculina ornata	D	8	3,33	3	1,25	7	2,92	6	2,5
		S. ornata var. tricariata	D	0	0	0	0	1	0,42	0	0
		Spiroloculina planulata	D	0	0	0	0	1	0,42	0	0
		Spiroloculina scita	D	0	0	1	0,42	0	0	0	0
		Spiroloculina sp.	D	1	0,42	0	0	0	0	0	0
	Fischerinidae	*Vertebralina striata*	D	8	3,33	6	2,5	7	2,92	10	4,17
Cal.- Perforat		*Ammonia sp 2 Langer*	B	0	0	1	0,42	0	0	0	0
	Nonionidae	*Astrononion estreligenum*	B	0	0	0	0	1	0,42	0	0
	Cibicidae	*Cibicides lobatulus*	B	0	0	1	0,42	2	0,83	1	0,42
		Cibicides refulgens	B	4	1,67	6	2,5	8	3,33	6	2,5
		Cibicides sp.	B	0	0	0	0	0	0	1	0,42
		Cibicidoides pseudoungeriana	B	0	0	1	0,42	0	0	0	0
		Cyclocibicides vermiculatus	A	0	0	1	0,42	0	0	0	0
		Lobatula lobatula	B	5	2,08	2	0,83	1	0,42	3	1,25
	Discorbinellidae	*Discorbinella globularis*	D	0	0	0	0	1	0,42	1	0,42
	Discorbidae	*Discorbis orbicularis*	B	1	0,42	0	0	0	0	0	0
	Elphidiidae	*Elphidium aculeatum*	C	3	1,25	0	0	4	1,67	0	0
		Elphidium advenum	C	3	1,25	0	0	0	0	0	0
		Elphidium crispum	C	1	0,42	9	3,75	5	2,08	7	2,92
		Elphidium macellum	C	1	0,42	0	0	0	0	0	0
		Elphidium maioricense	C	0	0	0	0	2	0,83	2	0,83
		Elphidium sp.	C	1	0,42	0	0	0	0	1	0,42
	Eponididae	*Eponides parantillarum*	B	0	0	1	0,42	0	0	0	0
	Polymorphinidae	*Globulina gibba*	D	0	0	0	0	1	0,42	0	0
	Anomalinidae	*Hyalinea baltica*	B	0	0	0	0	0	0	1	0,42
	Rosalinidae	*Neoconorbina terquemi*	B	1	0,42	0	0	0	0	0	0
		Rosalina floridensis	B	0	0	0	0	0	0	1	0,42
		Rosalina globularis	B	0	0	1	0,42	0	0	1	0,42
		Rosalina macropora	B	1	0,42	1	0,42	0	0	0	0
		Rosalina mediterranensis	B	0	0	0	0	0	0	1	0,42
		Rosalina mira	B	0	0	0	0	0	0	1	0,42
		Rosalina obtusa	B	0	0	0	0	0	0	1	0,42
		Rosalina posidonicola	B	0	0	0	0	0	0	1	0,42
		Rosalina sp.	B	0	0	1	0,42	0	0	0	0
		Rosalina vilardeboana	B	0	0	1	0,42	0	0	0	0
	Planorbulinidae	*Planorbulina mediterranensis*	A	2	0,83	0	0	0	0	3	1,25
	Mississippinidae	*Stomatorbina concentrica*	B	0	0	1	0,42	0	0	0	0

ANNEX 2

Taula 4. Espècies de foraminífers que presenten una abundància > 3% trobats a les praderies de *P. oceanica* que s'han estudiat a la zona de Cala Blava (CBL) i Son Verí (SVR). Morfotipus segons Mateu-Vicens et al. (2014) (Morf. *).

		Mateu-Vicens et al. (2014)	
Espècies (abundància > 3%)	Morf. *	CBL	SVR
Elphidium crispum	C	3.50	
E. macellum (Fichtel & Moll, 1798)	C		4.50
Lobatula lobatula	B	6.00	8.50
N. lucifuga (Defrance, 1825)	A	5.00	4.00
N. massutiniana (Colom, 1942)	A	3.50	3.50
P. pertusus	SB	9.50	4.50
P. planatus	SB		5.50
Planorbulina variabilis (d'Orbigny, 1826)	A		4.50
Pl. mediterranensis	A		4.00
Q. berthelotiana (d'Orbigny, 1839)	D	6.00	
Q. vulgaris (d'Orbigny, 1826)	D		3.00