



Universitat
de les Illes Balears

TREBALL DE FI DE GRAU

APLICACIÓ D'ÍNDIXS BIOINDICADORS BASATS EN FORAMINÍFERS A AMBIENTS DE *Cymodocea-Caulerpa*

Aina Casasnovas Bauzà

Grau de Biologia

Facultat de Ciències

Any Acadèmic 2019-20

APLICACIÓ D'ÍNDEXS BIOINDICADORS BASATS EN FORAMINÍFERS A AMBIENTS DE *Cymodocea-Caulerpa*

Aina Casasnovas Bauzà

Treball de Fi de Grau

Facultat de Ciències

Universitat de les Illes Balears

Any Acadèmic 2019-20

Paraules clau del treball:

Foraminífer, bioindicadors, índex, *Cymodocea nodosa*, bentònics, tanatocenosi, matèria orgànica, morfotipus, FI', Foram-AMBI.

Nom Tutor/Tutora del Treball: Guillem Mateu Vicens

Nom Tutor/Tutora (si escau)

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
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Índex

RESUM	6
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓ	7
Característiques generals dels foraminífers bentònics	7
Característiques de <i>Cymodocea nodosa</i>	10
OBJECTIU	12
ZONA D'ESTUDI	13
METODOLOGIA	14
Mètode de recol·lecció	14
ANÀLISI GRANULOMÈTRICA I TOC	15
ANÀLISI ECOLÒGICA I ÍNDEXS BIOINDICADORS	17
RESULTATS	21
ANÀLISI GRANULOMÈTRICA I TOC	21
ANÀLISI QUANTITATIVA I QUALITATIVA	22
ANÀLISI ECOLÒGICA I ÍNDEXS BIOINDICADORS	25
DISCUSSIÓ	27
CONCLUSIONS	30
REFERÈNCIES	30

RESUM

Els índexs bioindicadors són una escala numèrica mitjançant la qual podem saber la qualitat d'un ecosistema, gràcies als diferents tipus d'organismes que hi podem trobar presents. Perquè un organisme sigui un bon bioindicador, ha de respondre d'una manera ràpida davant condicions d'estrès ambientals. D'aquesta manera, es varen triar els foraminífers bentònics com a bons bioindicadors, ja que es troben en densitats elevades en els sediments marins, tenen un cicle de vida curt i gran diversitat d'espècies, i el seu mostreig causa un baix impacte sobre el medi ambient. Gràcies a estudis anteriors de foraminífers epífits, s'han pogut desenvolupar índexs bioindicadors adaptats a les comunitats de foraminífers de praderies de fanerògames marines com *Posidonia oceanica*, i en el cas d'aquest estudi s'han volgut provar d'aplicar a *Cymodocea nodosa*. Aquests índexs ens permeten saber l'estat ecològic de l'ecosistema de manera ràpida i simple. En aquest cas, ho farem de la zona d'Alcanada (Alcúdia), utilitzant els índexs "Foram-AMBI", "Foram Index" i "Long vs short lifespan index".

ABSTRACT

Ambiental bio-monitoring indexes are a numeric scale, through which we can know the quality of an environment thanks to different organisms that we can find in it. For this reason, I choose benthic foraminifera like nice bio-indicators, due to the fact they can be found in high densities in the marine substrate, they have a short life cycle and its sampling causes a low impact on the environment. Thanks to previous studies of epiphytic foraminifera, it has been possible to develop bioindicator indices adapted to the foraminifera communities of marine phanerogam meadow such as *Posidonia oceanica* and in case of this study, these have been tried to apply on *Cymodocea nodosa*. This index allows us to be aware of the ecological status of the ecosystem easily and quickly. In this case, I did it in Alcanada (Alcúdia), using "Foram-AMBI", "Foram Index" and "Long vs short lifespan index".

INTRODUCCIÓ

Característiques generals dels foraminífers bentònics

L'ordre *Foraminiferida*, fílum *Protista*, està format aproximadament per unes 10.000 - 15.000 espècies actuals (Vickerman, 1992). La seva aparició en el registre fòssil, data de principis del Cambrià, fa uns 550 milions d'anys (Culver, 1991), tot i que evidències moleculars basades en ARN ribosòmic, apunten a un origen més antic (Pawłowski *et al.*, 1996).

Els foraminífers, es caracteritzen per tenir una closca protectora que molt rarament pot ser proteïca, i en la majoria dels casos és calcària o aglutinada (Sen Gupta, 2002), segons si es forma a partir de matèria orgànica, precipitant carbonat càlcic (porcel·lanoides i calcari-perforats) o aglutinant partícules de sediment, respectivament. La closca, pot estar constituïda per una única cambra o per diverses d'elles, que estan interconnectades i acaben amb una obertura que el comunica amb l'exterior. A més d'aquestes obertures, alguns també presenten porus a la seva closca, típicament els calcari-perforats (Boersma, 1998).

El seu citoplasma desenvolupa xarxes de reticulopodis, que formen grànuls, per això antigament, el fílum rebé el nom de *Granuloreticulosa*. Aquests reticulopodis sobresurten de la closca a través dels forats que hi ha en ella. Les funcions principals d'aquest reticulopodi són: de motilitat, si es tracta de foraminífers mòbils; d'adhesió al substrat, d'alimentació (li ajuda a capturar les seves preses (Bellier *et al.*, 2010)), d'excreció, de construcció de la closca (Hallock, 2011), de protecció i de reproducció.

Cal destacar el seu cicle de vida (*Figura 1*), ja que es caracteritza per una alternança de generacions sexuals i asexuals (Goldstein, 1999). Aquestes dues fases de reproducció, donen lloc a dos individus adults: el gamont, en la reproducció asexual; i l'esquizont en la sexual. Normalment, es dona en major nombre la reproducció asexual, quan les condicions són estables, i en situacions d'estrès ambiental ocorre la sexual. Aquesta alternança de generacions, donarà lloc a un dimorfisme, tret que

queda registrat en la seva closca i que caracteritza a aquests organismes (Murray, 1991).

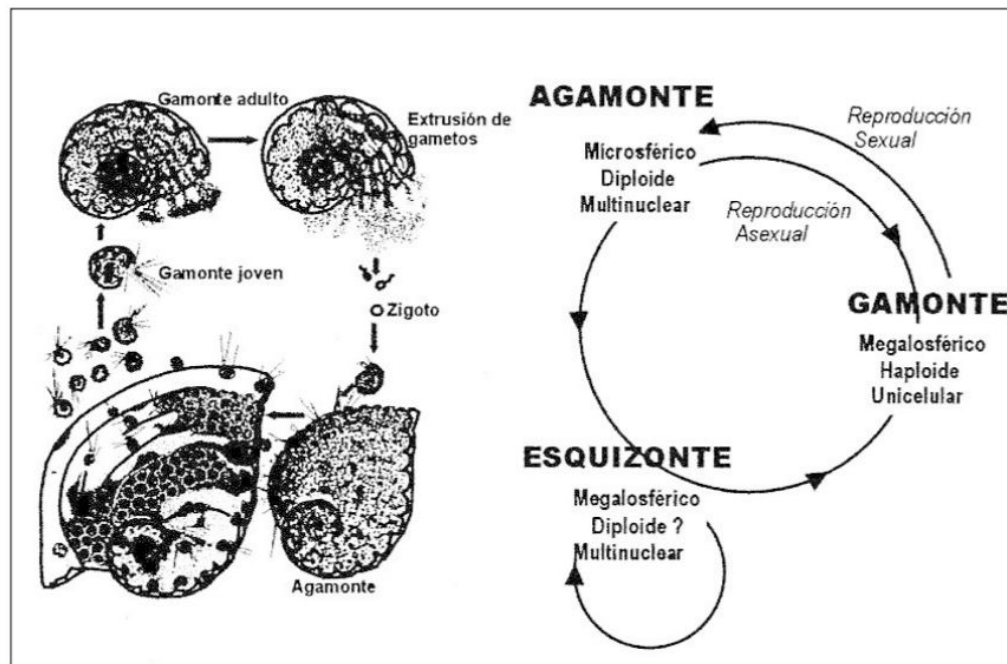


Figura 1. Cicle de vida dels foraminífers (Calonge A et al., 2001).

Aquests organismes inclouen taxons que present mode de vida bentònic i planctònic. En aquest treball només es tracten espècies amb característiques bentòniques. En general, els foraminífers bentònics, poden presentar una forma de vida lliure o presentar un comportament sèssil. Els dos estils es donen tant en espècies que viuen sobre el substrat, anomenades epifauna; tant les que viuen dins el sediment, que es coneixen com infauna. La epifauna, es característica de substrat dur com fanerògames, macroalgues, corals, esponges i roques (Murray, 2006). En canvi, la infauna, es troba en els primers centímetres de sediment del fons marí, presentant generalment una dieta detritívora (Jorissen, 1988; Murray, 2006). Alguns components d'aquest grup, que tenen mobilitat lliure, canvien la seva ubicació en funció de la disponibilitat de nutrients i oxigen, podent-se trobar fins i tot com epifauna (Linke & Lutze, 1992). Això els permet una gran capacitat d'adaptació en relació a la contribució de matèria orgànica (Jorissen, 1988; Linke & Lutze, 1992; Schmedl et al., 2000).

Els estudis de distribució de foraminífers bentònics, s'han dut a terme des dels anys 50, quan Walton va introduir el mètode de tinció de rosa de bengala per diferenciar entre els que contenien citoplasma (organismes vius o que havien viscut recentment) i els que estaven buits (organismes morts). Actualment, els estudis ecològics de camp de foraminífers bentònics, no consideren només els organismes vius, sinó també els processos tafonòmics postmortem que influeixen en els conjunts morts conservats.

Els foraminífers bentònics, tenen un gran potencial com a bioindicadors i són especialment útils en la detecció de contaminants. Això és gràcies a que són abundants, es presenten amb una gran varietat de formes en diferents ambients, són fàcils de mostrejar i romanen en el registre fòssil, proporcionant així un registre històric (Alve, 1991). També són capaços d'adaptar-se a diferents rangs de paràmetres ambientals, com poden ser la temperatura de l'aigua, la profunditat, la salinitat, la concentració de nutrients, l'hidrodinamisme i, fins i tot, l'efecte dels contaminants tot i no ser un paràmetre ambiental (Hallock *et al.*, 2003; Morvan *et al.*, 2004; Châtelet & Debenay, 2010; Koukousioura *et al.*, 2011; Hallock, 2012). Per això, molts autors, els han utilitzat per estudiar la qualitat dels ecosistemes marins (Ribes *et al.*, 2000; Mateu-Vicens *et al.*, 2010, 2012; Jorissen *et al.*, 2018; El Kateb *et al.*, 2020) i és el que es durà a terme en aquest estudi.

Mitjançant l'anàlisi taxonòmica i morfològica d'aquests organismes, es vol aconseguir determinar l'estat ambiental de les praderies de *Cymodocea nodosa*. Els foraminífers, solen trobar-se epífits en les seves fulles i rizomes, juntament amb altres organismes com algues vermelles, mol·luscs, hidrozous, etc. (Murray, 2006; Pardi, 2006; Frezza *et al.*, 2011). La diversitat i composició de comunitats epífites de foraminífers, es veuen influenciades per les característiques estructurals dels microhàbitats vegetals i la disponibilitat d'un bon substrat on les fanerògames puguin desenvolupar-se. Per això, d'acord amb Langer (1993) i Mateu-Vicens *et al.*, (2014), els foraminífers epífits, es varen dividir en 5 morfotipus (A*, B, C, D* i SB) segons la seva mida, comportament i estructura (*veure metodologia per a més informació*).

Gràcies al coneixement exhaustiu de la sistemàtica dels foraminífers, mitjançant l'estudi dels foraminífers morts (tanatocenosi) es poden conèixer les associacions de foraminífers vius (biocenosi) a les praderies i, així, es veuran reflectides les condicions ambientals durant un període concret (Murray, 2000). Aquest coneixement, vendrà

l·ligat a un dels índexs que utilitzarem (Foram-AMBI), ja que cada espècie identificada s'associa a un grup ecològic concret. L'únic problema que hi veurem, és que és un procés poc pràctic com a eina de gestió rutinària, ja que implica molts d'anys d'entrenament i molt de temps de dedicació per a cada mostra.

Posteriorment, a arrel del coneixement de la sistemàtica dels foraminífers, va aparèixer l'índex bioindicador Foram-AMBI. Primer era un índex únicament per a macroinvertebrats, però més tard es va adaptar a foraminífers. Aquest índex, va sorgir a partir del grup FOraminifera BloMOnitoring (FOBIMO), un consorci de científics que va desenvolupar l'ús de foraminífers com a bioindicadors, que va ser fundat l'any 2011. Els seus objectius, eren proposar un protocol estàndard per a l'obtenció de mostres i el tractament d'aquests (Schönfeld *et al.*, 2012), i també el desenvolupament d'un índex bioindicador estàndard per foraminífers (Jorissen *et al.*, 2018). Alve *et al.* (2016), va ser qui va introduir l'índex Foram-AMBI en un dels seus estudis.

A continuació, a partir dels morfotipus explicats anteriorment, també es van obtenir altres índexs bioindicadors. El Foram Índex (FI), que ens permet obtenir un valor de la qualitat ambiental de la zona d'estudi (Hallock *et al.*, 2003), i concretament el valor de la qualitat ambiental dels esculls de coralls. Més endavant, Mateu-Vicens *et al.* (2014) el va modificar, perquè servís per avaluar la qualitat ambiental de la fanerògama *Posidonia oceanica* (FI'). I, fins i tot, a partir d'aquest es va crear un altra índex molt semblant per a baixes latituds com en la Mediterrània Occidental (Mateu-Vicens *et al.*, 2014), que ens permet fer una caracterització més precisa de la qualitat de vida de les praderies de *P. oceanica*, anomenat "Long vs short lifespan index" (I_{LS}), on en aquest estudi es prova d'aplicar a *Cymodocea nodosa*.

Característiques de *Cymodocea nodosa*

Cymodocea nodosa, és una planta herbàcia perenne, encara que amb una dinàmica estacional molt acusada (Pérez & Romero, 1994). És una fanerògama marina, que constitueix un grup parafilètic de plantes superiors, juntament amb altres espècies. Pertany a la classe monocotiledònia i a l'ordre *Alismatales*, on també existeixen plantes terrestres però són més abundants les aquàtiques.

Les fanerògames marines, es troben distribuïdes per tot el litoral excepte a l'oceà Antàrtic i presenten funcions ecològicament rellevants per al medi marí, com ara: una alta contribució a la conservació del litoral i a la producció primària de l'oceà i, per tant, a la producció primària neta total (un 12% estimat), així com un augment de la complexitat d'hàbitat i de la cadena tròfica. Concretament, a la conca Mediterrània, tenen un paper crucial a les zones costaneres per la seva elevada producció primària i el seu suport a l'augment de la biodiversitat (Mazzella *et al.*, 1993). Per la seva extensió, *C. nodosa* és la segona fanerògama dominant a la Mediterrània, després de *Posidonia oceanica*. Tot i això, hi ha un clar desconeixement sobre l'ecologia i reproducció d'aquesta espècie.

Quant a la seva morfologia, presenta un màxim de densitat de feixos i biomassa en l'època estival, i a l'hivern la seva grandària i abundància són mínimes, arribant fins i tot a desaparèixer del tot. En algunes zones s'ha comprovat que la planta realment no desapareix a l'hivern, sinó que roman viva completament enterrada sota una capa de sediments de diversos centímetres de gruix i les fulles tornen a sortir en l'època estival (Ruiz *et al.*, 2015). Presenta rizomes horitzontals gruixuts, de secció cilíndrica, de 2 a 4 mm de diàmetre. El seu color és variable, des de rosat fins a marró fosc, i la seva taxa d'elongació pot arribar a valors considerablement elevats (fins a 2 m per rizoma i any; Marbà & Duarte, 1998).

La distribució de *Cymodocea nodosa*, va des de les costes del sud de la Península Ibèrica (costa del sud de Portugal, Badia de Cadis, etc), a les costes del nord-est d'Àfrica, incloent els arxipèlags de Madeira, Cab Verd i Canàries (*Figura 2*). S'estima que en tot Espanya hi ha una superfície total de 362,27 Km² (Ruiz *et al.*, 2015).

Estudis sobre el creixement d'aquesta fanerògama (Ruiz *et al.*, 2015), demostren que pot colonitzar diferents tipus d'ambients, com ara aigües costaneres obertes, llacunes i estuaris costaners, i formen estants monoespecífics i mixtes. Es pot trobar des dels 0 m fins els 36 m de profunditat, depenent de l'àrea geogràfica. Normalment colonitza fons arenosos, però es troba també en fangs anòxics, roca, mata morta de *P. oceanica* i llits de maërl. També solen estar associades a altres fanerògames com *Zostera noltii*, i a algunes algues com *Caulerpa prolifera*.



Figura 2. Mapa de l'àrea de distribució de la fanerògama *Cymodocea nodosa* (en taronja). (Ruiz et al., 2015)

Les praderies de *Cymodocea nodosa*, juguen un paper molt important com a hàbitat d'alevinatge d'espècies d'interès comercial com *Mullus surmuletus* i *Spondyllosoma cantharus*. Això és degut a l'alta disponibilitat de recursos tròfics i a la protecció davant depredadors subministrada per la volta foliar (Ruiz et al., 2015).

OBJECTIU

Així com de la fanerògama marina *Posidonia oceanica* hi ha estudis sobre el seu estat de conservació (Mateu-Vicens et al., 2014; El kateb et al., 2020), el que es vol fer en aquest, és avaluar l'estat ambiental d'Alcanada i la qualitat ambiental de la fanerògama marina *Cymodocea nodosa*. Això es durà a terme a partir de la classificació de morfotipus de Mateu-Vicens et al. (2014), i l'aplicació dels índexs FI' (Foram Índex), I_{LS} (long vs short lifespan index) i Foram-AMBI.

ZONA D'ESTUDI

Alcanada, és una zona costanera que es troba a l'extrem nord de la badia d'Alcúdia, localitzada a la península de Cap des Pinar i protegida pel Puig de sa Madona, al nord-est de Mallorca (39° 51' 4'' N, 3° 7' 13'' E). Davant la seva costa, es divisa l'Illa d'Alcanada que allotja un far, doncs les mostres varen ser recollides on la fondària oscil·lava entre els 3 i els 11 m.

El clima d'Alcúdia, com la resta de Mallorca, és Mediterrani. Es caracteritza per tenir hiverns curts, frescos, llargs, humits, sobretot durant l'estiu i càlids durant el juliol i l'agost. Durant l'estiu, les temperatures poden superar els 35°C, tot i que les brises marines fan que es suavitzí la calor. La temperatura màxima enregistrada a la ciutat, va ser de 39,8°C, tot i que la seva temperatura mitjana anual es de 16,26°C. Respecte a les precipitacions, la mitjana anual es situa entre els 600 i 700 mm, distribuïdes de forma molt irregular i on no són freqüents les pluges torrencials a l'hivern.

Cal destacar, que en aquesta zona s'aboquen aigües residuals, cosa que empitjora la qualitat de l'aigua, a més d'incrementar l'expansió de macroalgues, microalgues i filaments mucilaginosos, que fan que es perdi la transparència de l'aigua. Concretament l'emissari submarí té el seu origen a la EDAR (estació depuradora d'aigües residuals) d'Alcúdia, té una longitud de 700 m i desemboca a la costa. Per aquest motiu, es veuran amenaçades algunes fanerògames marines com la *P. oceanica* o l'angiosperma d'estudi *Cymodocea nodosa*, ja que el tancat es va excavar en una superfície ocupada per aquestes.

Per això, s'utilitzaran els foraminífers com a bioindicadors del medi marí. Es farà analitzant un nombre significatiu d'individus per poder aplicar els índexs corresponents, que seran: el Foram-AMBI que es basa en la sensibilitat i tolerància d'espècies a gradients d'estrès ambientals; l'FI', que és la modificació del FI que va dur a terme Hallock *et al.*, (2003) i l' I_{LS} , l'índex específic per a fanerògames, concretament de *P. oceanica*, que s'aplicarà a *Cymodocea nodosa*.

METODOLOGIA

Mètode de recol·lecció

El gener del 2020, es va dur a terme la recol·lecció de nou mostres a diferents punts d'Alcanada: sis d'ells en ambients de *Cymodocea* – *Caulerpa* només de sediment; i 3 de *Cymodocea nodosa*, *Posidonia oceanica* i *Caulerpa prolifera*. Es va fer mitjançant busseig autònom perquè fos més fàcil i més còmode, però sobretot per una millor obtenció de les mostres. Es varen obtenir aproximadament uns 200 grams de cada mostra de sediment, un pes suficient per a l'anàlisi granulomètrica i l'observació significativa de foraminífers.

Els diferents punts de mostreig es van situar a la mar d'Alcanada i quasi es va arribar a l'illa d'Alcanada (Figura 3).



Figura 3. Mapa de la zona d'estudi. Font: google maps.

En arribar al laboratori, el primer que es va fer va ser treure l'excés d'aigua de totes les mostres. A continuació, es varen separar les 3 mostres de plantes en diferents bosses, es varen rotular i es varen congelar a una temperatura de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ per una posterior observació. També es va agafar un pes de 10 grams aproximadament de cada mostra amb pots de plàstic i es varen congelar a la mateixa temperatura. S'utilitzaran per observar els foraminífers vius. Respecte a les mostres restants, es va esperar a que s'evaporés l'aigua per a poder realitzar una millor observació.

ANÀLISI GRANULOMÈTRICA I TOC

Un major increment de matèria orgànica en el sediment, pot indicar un cert grau de contaminació, per això es va utilitzar el carboni orgànic com un paràmetre que ens mostrés aproximadament el nivell d'estrès imposat a les comunitats bentòniques. Per això, es va determinar el que s'anomena com a TOC (carboni orgànic total).

En primer lloc, es varen introduir les mostres (de 200 g cada una aproximadament) 1-6 dins l'estufa a 60°C per evaporar tota l'aigua. Quan varen estar totalment seques, la meitat es va guardar per qualsevol incidència que pogués passar, i l'altra meitat es va pesar per obtenir el pes sec i, a continuació, es va posar dins la mufla a 550°C durant 4 hores per eliminar tota matèria orgànica. Passades aquestes hores, es va procedir a tamisar cada mostra des de 4000 μm a 63 μm . Es va pesar cada fracció i es va obtenir el seu pes en grams (*Taula 2*)

ANÀLISI QUANTITATIVA I QUALITATIVA

Per a fer l'observació a la lupa de les mostres, primer de tot es va realitzar un tamisat de 63 μm , perquè se n'anessin els llims i les argiles, i per aclarir o rentar la mostra (Ángel *et al.*, 2011). A continuació, quan es va tenir la mostra recol·lectada dins un potet, se li va afegir rosa de bengala 0,001% fins que quedés totalment coberta, i es va remenar per tenir una tinció homogènia. Es va fer el procés per a una mostra més i es varen deixar com a mínim 14 dies. Després ja van estar llestes per a la seva observació.



Figura 4. Tinció amb Rosa de bengala 0,001% de les mostres 1 i 2 recollides a Alcanada, abans de remenar-les.

Una vegada transcorreguts els 14 dies, es va agafar 1 g de sediment aproximadament, i es varen abocar damunt una placa amb un fons negre i, a continuació, es va procedir a l'observació amb la lupa estereoscòpica binocular. Mitjançant un pinzell de punta fina un poc humit, es varen anar recol·lectant aquells foraminífers que estaven menys danyats i erosionats. Es varen anar col·locant damunt plaques de cartró amb cel·les, que es fixaven amb l'ajuda de cola blanca.



Figura 5. Fotografia de *Peneroplis planatus*, observada amb la lupa estereoscòpica binocular.

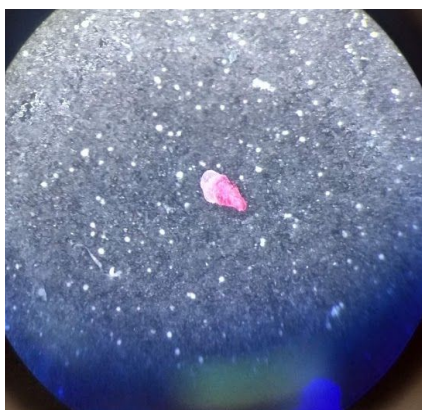


Figura 6. Fotografia de *Bolivina sp.* tenyida amb rosa de Bengala observat amb la lupa estereoscòpica binocular.

Per a realitzar una anàlisi qualitativa i quantitativa de les mostres, es varen identificar taxonòmicament els foraminífers amb l'ajuda de claus de determinació (Milker, Y., & Schmiedl, G., 2012; Cimerman & R. Langer 1991, Colom, G., 1974) i es va seguir la nomenclatura de la plataforma web WORMS.

Una vegada determinats els organismes, es varen calcular les abundàncies relatives de cada gènere per a determinar quin n'era el dominant i també es va fer el mateix amb els morfotipus i les espècies. Es va fer amb la següent fórmula:





$$\text{Abundància relativa} = n^{\circ} \text{ espècimens d'una espècie} / \text{total foraminífers}$$






ANÀLISI ECOLÒGICA I ÍNDEXS BIOINDICADORS

La preocupació pels ecosistemes marins, ha desencadenat a la necessitat de desenvolupar una sèrie de mètodes bioindicadors a fi de poder determinar la seva qualitat i el seu grau d'antropització. A continuació, es veuran exposats els que s'han utilitzat per aquest estudi.

Així doncs, l'anàlisi ecològica d'aquest estudi va començar amb la classificació de morfotipus d'acord amb Mateu-Vicens *et al.*, (2014) (*Taula 1*). Els índexs bioindicadors FI' i I_{LS}, es basen en l'abundància relativa d'aquests morfotipus dins la biocenosi.

Taula 1. A. Taula de morfotipus de Langer (1993). B. Taula de morfotipus de Mateu Vicens et al., (2014).

A					
Langer (1993) morphotypes		Motility	Attachment to the substrate	Shape	Life span
	A	Sessile	Glycosaminoglycans	Flat concave attachment surface	1 year
	B	Temporary motile	Pseudopodial network	Wide apertures faces, often with papillae	2-5 months
	C	Motile	Extrusion of pseudopodes	Multiple apertural openings for pseudopodes	3-4 months
	D	Permanently motile	Striding on the apertural face in upright position	Bottle-neck apertures	short

B					
Proposed in this work		Motility	Description	Life span	
	A*	Encrusting	Mostly flat forms, permanently attached to the substrate by glycosaminoglycans. Example: <i>Planorbulina</i> , <i>Nubecularia</i> , <i>Miniacina</i>	1 year	
	SB	Sessile	Symbiont-bearing taxa. Example: <i>Peneroplis</i> , <i>Sorites</i> , <i>Amphistegina</i> (eastern Mediterranean)	1 year	
	B*	Temporary motile	Same as in Langer's (1993) classification	2-5 months	
	C*	Motile	Same as in Langer's (1993) classification	3-4 months	
	D*	Permanently motile	Single aperture in upright position. Opportunistic forms. Example: <i>Quinqueloculina</i> , <i>Triloculina</i> , <i>Adelosina</i> , <i>Textularia</i>	short	

El FORAM Índex (FI) va ser establert per Hallock *et al.*, (2003) per a avaluar l'estat de conservació d'esculls de corall en ambients subtropicals/tropicals càlids amb un flux limitat de nutrients tant orgànics com inorgànics (Hallock *et al.*, 2003; Hallock, 2012):

$$FI = (10 \times P_s) + P_o + 2 \times (P_h)$$

On:

P_o : proporció de foraminífers tolerants a condicions d'estrès.

P_s : proporció de foraminífers simbiotes.

P_h : proporció de foraminífers heretròfs.

Posteriorment, el FI va ser modificat per Mateu-Vicens *et al.*, (2014), per adaptar-lo a les condicions de la Mediterrània Occidental, fent-ne ús així dels morfotipus que ell havia modificat (*Taula 1. B.*). Així doncs, la fórmula va quedar de la següent manera:

$$FI' = 10 \times (P_{A^*} + P_{SB}) + P_{D^*} + 2 \times (P_B + P_C)$$

On els morfotipus SB* i A* són les espècies sensibles i amb una cicle de vida llarg; el D* correspon als oportunistes amb un cicle de vida curt i tolerants a condicions d'estrès; i finalment els B i C representen les petites formes heterotròfes.

El resultat d'aquesta equació serà indicatiu d'unes condicions òptimes de l'hàbitat quan $FI' > 4$; en canvi, un valor de $FI' < 2$ indicarà condicions d'estrès (Mateu-Vicens *et al.*, 2014).

D'altra banda, també aplicarem l'índex I_{LS} , el qual es centre únicament en les condicions de la fanerògama d'estudi, *Cymodocea nodosa*, tot i que estigui pensat per *P. oceanica*.

Per tant, utilitzarem la següent fórmula:

$$I_{LS} = (3,5 \times (P_{A^*} + P_{SB}) + 0,1) / (P_{D^*} + 0,1),$$

on P_{A^*} , P_{SB} , i P_{D^*} representen les proporcions dels morfotipus A*, SB i D*, respectivament. Així, es comparen les espècies que tenen un cicle de vida més curt (D*), amb aquelles que el tenen més llarg (A* i SB). Els resultats, oscil·laran entre valors de 0 a 36, on més a prop de 0 indicarà millors condicions (Mateu-Vicens *et al.*, 2014), depenent de si domina el morfotipus D*, A* o SB.

Quan es tracta de praderies de fanerògames, els morfotipus B* i C de foraminífers bentònics, solen ser els dominants, ja que no necessiten estrictament la llum i s'adapten a un substrat més o menys variable a diferència dels morfotipus SB i A*. A més, ambdós no estan tan adaptats a condicions d'estrès com el morfotipus D*. És per això que en aquest índex (I_{LS}) no s'hi apliquen les proporcions dels morfotipus B* i C, perquè així es dona una informació més precisa de la qualitat de l'ecosistema.

L'índex FORAM-AMBI, és un mètode de monitoreig que utilitza la fauna marina per definir un estat de qualitat ecològic dels fons tous. A diferència dels índexs anteriors, es basa en les proporcions relatives d'espècies que s'han assignat a una categoria ecològica concreta. Per això, s'han analitzat els diferents foraminífers bentònics mostrejats en funció del gradient de carboni orgànic i a cada un se li ha assignat una categoria ecològica. El comportament d'aquests organismes, vendrà lligat als TOC de sediment, ja que és un dels principals factors que indiquen una pressió antròpica.

Tot i que en el protocol del Foram-AMBI només es consideren formes vives, en aquest estudi es va utilitzar tant la fauna viva com la morta, ja que així es sintetitza l'evolució de la comunitat de la zona estudiada durant un període més llarg (Murray, 1982), en aquest cas, més o menys fins un any.

Les diferents categories ecològiques proposades per Jorissen *et al.*, (2018), i que responen de diferent manera davant l'enriquiment orgànic, són les següents (*Figura 7*):

- Grup I (G I): “Espècies sensibles”. Es tracta d'aquells tàxons sensibles a l'enriquiment orgànic i per tant, en ambients oligotròfics.
- Grup II (G II): “Espècies indiferents”. Quan hi ha un fort increment de la matèria orgànica, poden arribar a desaparèixer.
- Grup III (G III): “Espècies tolerants”. Com el seu nom indica, són tolerants a les primeres etapes de l'enriquiment orgànic i, fins i tot, es poden veure afavorides per aquest. Tot i així, solen estar absents a les zones on l'enriquiment és màxim.
- Grup IV (G IV): “Espècies oportunistes de segon ordre”. No es troben en freqüència, només quan s'incrementa considerablement la matèria orgànica.
- Grup V (G V): “Espècies oportunistes de primer ordre”. La seva abundància màxima es situa més a prop del lloc de màxim enriquiment en relació a les espècies del grup IV. Aquestes, són les darreres espècies presents abans de trobar-se les condicions azoiques.

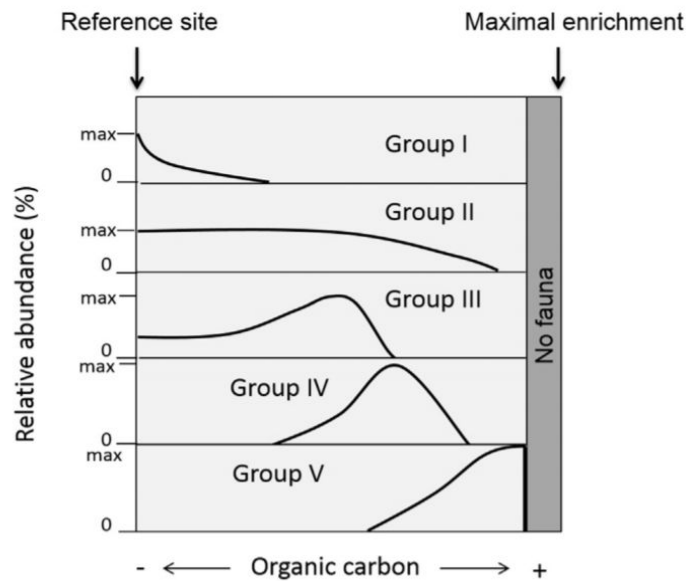


Figura 7. Abundància de carboni orgànic en front de les proporcions d'espècies de cada un dels cinc grups ecològics (Alve et al., 2016).

Finalment, el Foram-AMBI es calcularà amb les sumes de les abundàncies relatives de totes les espècies en els grups ecològics utilitzant la fórmula de Borja *et al.*, (2000):

$$\text{AMBI} = [(0 \times \%G \text{ I}) + (1,5 \times \%G \text{ II}) + (3 \times \%G \text{ III}) + (4,5 \times \%G \text{ IV}) + (6 \times \%G \text{ V})]/100$$

RESULTATS

ANÀLISI GRANULOMÈTRICA I TOC

A la taula següent (*Taula 2*), es poden observar els diferents fraccions de gra que es varen obtenir després del tamisatge, sent així la fracció de 125 µm la més abundant a totes les mostres.

Taula 2. Quantitat en grams de les diferents fraccions de sediment obtinguts després del tamisatge.

	M1 (g)	M2 (g)	M3 (g)	M4 (g)	M5 (g)	M6 (g)
4000 µm	0,14	0,01	3,00	11,19	44,05	1,70
2000 µm	0,09	0,02	2,14	16,16	16,11	0,51
500 µm	0,74	0,33	2,51	70,81	13,60	1,33
250 µm	4,63	12,26	8,49	20,03	6,00	6,38
125 µm	130,23	127,94	68,16	21,00	57,88	60,89
63 µm	39,00	43,70	41,71	32,80	34,78	53,37
Fang	6,9	10,94	17,42	13,23	8,18	13,57

Es va obtenir l'abundància de matèria orgànica de cada mostra i es va expressar en tant per cent (*Taula 3*). Les mostres que tenen el valor més baix són la M1, la M2 i la M5. S'ha de tenir en compte que les que s'han utilitzat per dur a terme l'estudi són la M1 i la M2, i són les que després ens ajudaran a obtenir una bona conclusió juntament amb el resultat del Foram-AMBI.

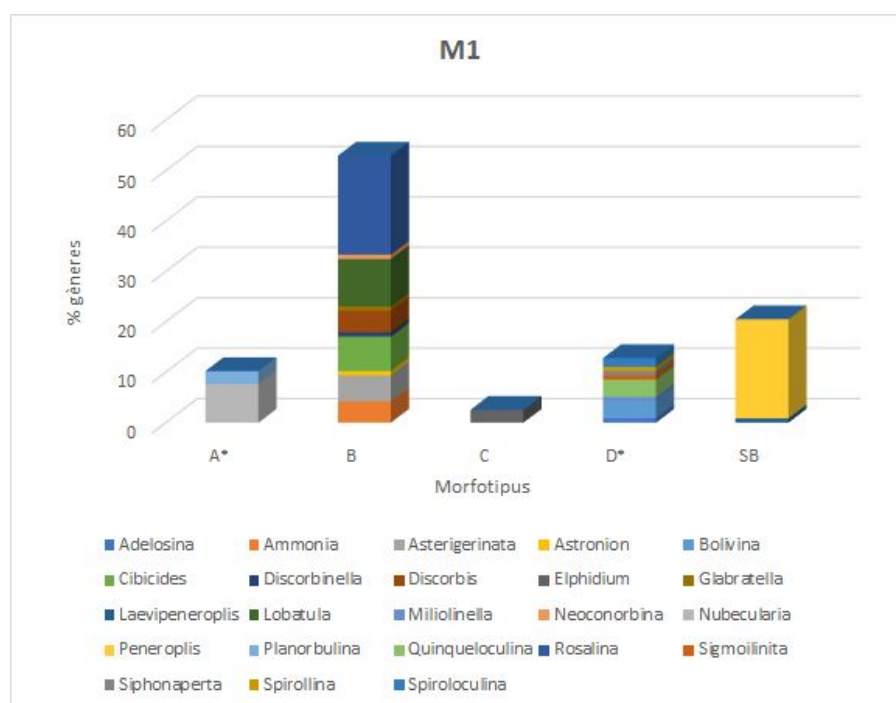
Taula 3. Percentatge de matèria orgànica present en el sediment de les diferents mostres recollides.

Mostres	Matèria orgànica (%)
M1	3,44
M2	3,60
M3	7,24
M4	6,99
M5	2,58
M6	6,89

ANÀLISI QUANTITATIVA I QUALITATIVA

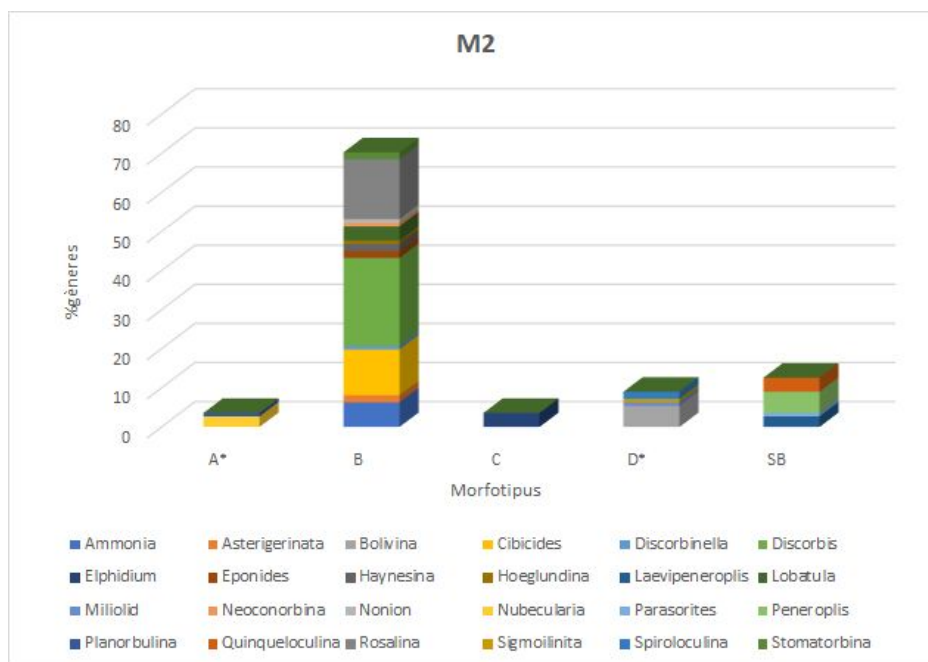
Varen ser aïllats i determinats, un total de 227 individus de les mostres d'Alcanada, 116 individus de la mostra 1 i 111 individus de la mostra 2. Entre tots ells, es varen classificar 56 espècies i 30 gèneres diferents. Es va dur a terme una representació gràfica dels gèneres trobats a les zones de mostreig, tenint en compte els percentatges de cada un d'ells, i s'hi varen associar els morfotipus de Mateu-Vicens *et. al.*, (2014).

La mostra M1, la podem visualitzar en la *Gràfica 1*. Es pot observar que el morfotipus dominant és el B, amb un percentatge de 52,97%, dels quals un 19,66% pertanyen al gènere *Rosalina*. El percentatge mínim pertany al morfotipus C, amb un valor de 2,56% només amb el gènere *Elphidium*.



Gràfica 1. Valors dels percentatges promig de la mostra M1 d'Alcanada. Predomina el morfotipus B.

La mostra M2, la podem visualitzar a la *Gràfica 2*. Com podem observar, el morfotipus dominant continua sent el B, amb un valor de 70,26%, del qual el 22,52% pertanyen al gènere *Discorbis* i el 15,32% a *Rosalina*. Els morfotipus que més manquen, són l'A* i el C: a l'A* hi domina el gènere *Nubecularia* amb un 2,7%; i al C hi domina *Elphidium* amb un 3,6%.



Gràfica 2. Valors dels percentatges promig de la mostra M2 d'Alcanada. Predomina el morfotipus B.

A la Taula 4, es pot observar un resum de les espècies dominants dins cada mostra. Aquestes varen ser *Nubecularia lucifuga*, *Asterigerinata mamilla*, *Cibicides refulgens*, *Lobatula lobatula*, *Rosalina bradyi*, *Rosalina globularis* i *Peneroplis pertusus*. La que va dominar a la mostra 1 amb un percentatge de 17,95 va ser un individu amb potencial bioindicador *Peneroplis pertusus* (Hallock *et al.*, 2003), i a la mostra 2 *Cibicides refulgens* amb un 10,81%.

Taula 4. Espècies dominants en els diferents punts de mostreig amb una abundància >5%.

Espècie (>5%)	Morfotipus	M1	M2
<i>Nubecularia lucifuga</i> (Defrance, 1825)	A*	6	3
<i>Asterigerinata mamilla</i> (Williamson, 1858)	B	6	2
<i>Cibicides refulgens</i> (de Montfort, 1808)	B	8	12
<i>Lobatula lobatula</i> (Walker & Jacob, 1798)	B	11	4
<i>Rosalina bradyi</i> (Cushman, 1915)	B	6	9
<i>Rosalina globularis</i> (Orbigny, 1826)	B	10	2
<i>Peneroplis pertusus</i> (Forskål, 1775)	SB	21	6

ANÀLISI ECOLÒGICA I ÍNDEXS BIOINDICADORS

Per a dur a terme l'anàlisi ecològica, el que es va fer va ser aplicar les proporcions de cada morfotipus a les fórmules dels índex FI' i I_{LS} , per així obtenir el valor que ens ajudarà a determinar en quin estat es troba la praderia de *C. nodosa*. Aquests valors es veuen reflectits a la *Taula 5*.

Per a calcular el Foram-AMBI, una vegada obtinguts els tàxons dels foraminífers, es varen haver de classificar en els grups ecològics explicats anteriorment. Del total de 227 individus, 224 d'ells varen poder ser classificats. Aquesta classificació va ser possible gràcies a estudis anteriors (Jorissen *et al.*, 2018; Alve *et al.*, 2016):

- 179 pertanyen al grup ecològic I (espècies sensibles)
- 37 al grup ecològic II (espècies indiferents)
- 6 al grup ecològic III (espècies tolerants)
- 2 al grup ecològic IV (espècies oportunistes de segon ordre)

Taula 5. Espècies aïllades amb el seu morfotipus i grup AMBI corresponent, on també queda reflectida l'abundància de cada espècie i els resultats dels tres índexs (FI', I_{LS} , Foram-AMBI).

Espècie	Morfotipus	AMBI	M1	M2
<i>Adelosina cliarensis</i>	D*	I	1	0
<i>Ammonia beccarii</i>	B	II	5	3
<i>Ammonia inflata</i>	B	II	0	3
<i>Ammonia tepida</i>	B	II	0	1
<i>Asterigerinata mamilla</i>	B	I	6	2
<i>Astrononion stelligerum</i>	B	I	1	0
<i>Bolivina sp.</i>	D*	III	0	2
<i>Bolivina spathulata</i>	D*	III	1	0
<i>Bolivina striata</i>	D*	III	2	0
<i>Bolivina variabilis</i>	D*	III	2	4
<i>Cibicides refulgens</i>	B	I	8	12
<i>Cibicides sp.</i>	B	I	0	1
<i>Discorbinella bertheloti</i>	B	I	1	1
<i>Discorbis mira</i>	B	I	0	10

<i>Discorbis nitida</i>	B	I	4	13
<i>Discorbis sp.</i>	B	I	1	2
<i>Elphidium advenum</i>	C	II	0	1
<i>Elphidium depressulum</i>	C	II	3	2
<i>Elphidium gensei</i>	C	II	0	1
<i>Eponides bradyi</i>	B	I	0	1
<i>Eponides sp.</i>	B	I	0	1
<i>Glabratella patelliformis</i>	B	I	2	0
<i>Haynesina depressula</i>	B	II	0	2
<i>Haynesina simplex</i>	B	II	0	1
<i>Hoeglundina elegans</i>	B		0	1
<i>Laevipeneroplis karreri</i>	SB	II	1	3
<i>Lobatula lobatula</i>	B	I	11	4
<i>Miliolid</i>	D*	I	0	1
<i>Miliolinella aff. semicostata</i>	D*	I	1	0
<i>Neoconorbina terquemi</i>	B	I	1	1
<i>Nonion barleeaanum</i>	B	IV	0	1
<i>Nubecularia lucifuga</i>	A*	I	6	3
<i>Nubecularia masutiniana</i>	A*	I	2	0
<i>Parasorites orbitoloides</i>	SB	I	0	1
<i>Peneroplis pertusus</i>	SB	I	21	6
<i>Peneroplis planatus</i>	SB	I	2	0
<i>Planorbulina acervalis</i>	A*	I	1	0
<i>Planorbulina mediterraniensis</i>	A*	I	2	1
<i>Quinqueloculina sp.</i>	D*	I	3	1
<i>Quinqueloculina stalkerii</i>	D*	I	0	1
<i>Quinqueloculina stelligera</i>	D*	III	1	0
<i>Quinqueloculina ungeriana</i>	D*	I	0	0
<i>Quinqueloculina vulgaris</i>	D*	I	0	1
<i>Rosalina bradyi</i>	B	I	6	10
<i>Rosalina globularis</i>	B	I	10	2
<i>Rosalina macropora</i>	B	I	3	0
<i>Rosalina obtusa</i>	B	II	1	2
<i>Rosalina sp.</i>	B	I	1	4
<i>Rosalina vilardeboana</i>	B	I	1	0
<i>Sigmoilinita grata</i>	D*	I	1	1
<i>Siphonaperta irregularis</i>	D*	I	1	0
<i>Spirollina arietina</i>	D*	III	1	0

<i>Spiroloculina excavata</i>	D*	I	1	0
<i>Spiroloculina ornata</i>	D*	I	0	2
<i>Spiroloculina sp.</i>	D*	I	1	0
<i>Stomatorbina concentrica</i>	B		0	2
FI'			4,31	3,13
I_{LS}			5,00	2,57
Foram-AMBI			0,52	0,43

DISCUSSIÓ

Respecte a l'anàlisi granulomètrica, com es pot observar a la *Taula 2*, les fraccions de gra que més destaquen són les de 125 µm, 63 µm i el fang. Els fons tous de la Badia d'Alcúdia, es caracteritza per tenir comunitats de *C. nodosa* i de *C. prolifera*, i si ho comparem amb altres estudis¹, les zones de mostreig també es caracteritzen per tenir aquestes fraccions granulomètriques.

La mida del gra, també controla la distribució dels foraminífers bentònics en els ambients marins (e.g., Basso i Spezzaferri, 2000; Magno *et al.*, 2012), ja que on se'n troben més són a les fraccions de de 125 µm (Rytter *et al.*, 2002) i 63 µm (Diz i Frances, 2008). Aquest paràmetre, no influeix directament damunt la fauna de foraminífers bentònics, però ajuda a complementar altres paràmetres relacionats amb ells; ja pugui ser el contingut de matèria orgànica, la concentració d'oxigen o la vegetació (e.g., Jorissen, 1987).

A la *Taula 3*, tenim els resultats de l'anàlisi de matèria orgànica de les diferents mostres. A la M1 i a la M2, els valors no són considerablement alts, el que ens dóna pistes de quins morfotipus o grups ecològics poden predominar en els índexs bioindicadors que es discutiran més endavant.

¹ "ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE LAS REPERCUSIONES AMBIENTALES SOBRE RED NATURA 2000 DEL PROYECTO REFORMADO DE AMPLIACIÓN DE LA ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES (EDAR) DE ALCÚDIA (MALLORCA). Junio 2016"

Tenint en compte els resultats obtinguts a l'anàlisi quantitativa, podem observar com tots els morfotipus descrits hi són presents, però en ambdues mostres n'hi ha 3 de dominants. En la M1, el B es troba en primer lloc, amb un 52,97%, on hi predominen els gèneres *Rosalina*, *Lobatula* i *Cibicides*. En segon lloc, hi trobem el morfotipus SB amb un 20,51% on destaca el gènere *Peneroplis*. I en tercer lloc, el D* amb un 12,8%, on hi destaquen els gèneres *Quinqueloculina* i *Bolivina* per igual.

En la M2, també hi trobem el morfotipus B en primer lloc, amb un 70,26%, destacant els gèneres *Discorbis*, *Rosalina*, *Cibicides*. En segon lloc, es troba l'SB amb un 12,61%, en menys proporció que a la M1, on hi predomina el gènere *Peneroplis*. I, finalment, el D* amb un 9,01%, on també hi destaquen *Quinqueloculina* i *Bolivina*.

Respecte als percentatges exposats anteriorment, els morfotipus SB, en el Mediterrani, solen predominar on hi ha poca profunditat i també on s'inclouen praderies de *Cymodocea nodosa*. Són sensibles i amb un cicle de vida llarg, i indiquen un bon estat de l'ecosistema (Mateu-Vicens *et al.*, 2014).

Els foraminífers corresponents al morfotipus B, es caracteritzen per tenir formes petites i ser heteròtrofs suspensívors, i solen augmentar quan hi ha un excés de nutrients i contaminants. S'han anomenat associacions característiques al gènere *Caulerpa*, com són *Lobatula lobatula* i *Rosalina bradyi* (Mateu-Vicens *et al.*, 2014), característiques en el nostre estudi per la seva presència més abundant. Cal destacar alguns exemplars d'*Ammonia beccarii* (Linnaeus, 1758), ja que sobreviu en condicions d'estrès ambiental, sent així una excepció dins aquest grup (Murray, 2006) i també indica una baixa concentració d'oxigen (Mateu-Vicens *et al.*, 2014).

En el morfotipus C, també cal destacar el gènere *Haynesina* (encara que només se n'han observat 3 exemplars), ja que és una espècie tolerant a l'estrès, igual que *Ammonia*, i estan associats a sediments rics en matèria orgànica, a l'entrada d'aigua dolça o a contaminants (Sen Gupta *et al.*, 1996; Carnahan *et al.*, 2009). Això pot ser degut al fet que s'aboquen aigües residuals a la zona d'estudi.

Finalment, el morfotipus D*, corresponent a aquells foraminífers amb un cicle de vida curt, s'adapten a certes condicions d'estrès ambientals, i es solen trobar en zones riques en nutrients i en els rizomes de *Posidonia oceanica* (Mateu-Vicens *et al.*, 2014). Hi tenim exemplars en aquest estudi, però no es troben de forma abundant.

Seguint amb els índexs bioindicadors, com es pot observar a la *Taula 5*, els valors dels I'_{LS} i el FI', no són en cap cas <2 . El que ens indica un impacte antropològic baix i unes condicions òptimes de l'ecosistema com és el cas d'estudis anteriors (Mateu-Vicens *et al.*, 2014) on s'avalua l'estat de les praderies de *Posidonia oceanica*.

Si ambdós índexs els comparam amb l'estudi que va fer El Kateb (2020) per analitzar l'estat de les praderies de *P. oceanica* a Tunísia, es pot observar com el rang de valors és <2 i, per tant, es conclou que les condicions són inadequades pel seu creixement a diferència del que ens ha sortit aquí.

El darrer índex que s'ha assolit en aquest estudi, és el Foram-AMBI, on cada un dels foraminífers bentònics aïllats s'han classificat segons un criteri ecològic. El que s'ha dut a terme ha estat assignar una categoria a cada un d'ells en resposta a l'enriquiment de matèria orgànica, que és utilitzat per descriure la contaminació antropològica. Es poden comparar altres dades d'estudis anteriors com és el cas de Jorissen *et al.*, 2018, on el seu rang de TOC va de 0,22 a 3,15%, i en el nostre cas com a molt aquest assoleix un valor del 3,6%, el que és considera com un valor baix.

D'acord amb els valors obtinguts al calcular l'índex Foram-AMBI, podem dir que l'estat de les comunitats bentònics és bo, ja que predomina el grup AMBI I, que pertanyen a les espècies sensibles, com és en el cas de l'estudi de Jorissen *et al.*, 2018 i de Alve *et al.*, 2016. Si hi hagués un cert grau de contaminació, els grups que haurien de predominar serien el III (tolerants), el IV (oportunistes de segon ordre) i el V (oportunistes de primer ordre) en cas d'un gran increment de matèria orgànica, com es pot observar en alguns punts de mostreig de l'estudi de Borja *et al.*, 2000.

CONCLUSIONS

S'han trobat un total de 56 espècies, de les quals la majoria de morfotipus que se'ls-hi corresponen són sensibles a la matèria orgànica, com es pot veure reflectit en el Foram-AMBI, i corresponen als morfotipus A* i SB, tot i que també se n'han trobat exemplars de B i D*.

Gràcies a les anàlisis quantitatives i qualitatives dels foraminífers epífits, també s'han pogut calcular els índexs bioindicadors que s'havien proposat a l'objectiu, que són el "Foram índex", el "Long vs short lifespan index", que ens han permès determinar l'estat i la qualitat ambiental de la zona d'estudi i de la praderia de *Cymodocea nodosa*.

Així doncs, queda ben reflectit que els foraminífers són una bona eina com a bioindicadors per avaluar els ecosistemes marins.

REFERÈNCIES

Alve, E., Korsun, S., Schönfeld, J., Dijkstra, N., Golikova, E., Hess, S., ... & Panieri, G. (2016). Foram-AMBI: A sensitivity index based on benthic foraminiferal faunas from North-East Atlantic and Arctic fjords, continental shelves and slopes. *Marine Micropaleontology*, 122, 1-12.

Borja, A., Franco, J., & Pérez, V. (2000). A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine pollution bulletin*, 40(12), 1100-1114.

Cancemi, G., Buia, M. C., & Mazzella, L. (2002). Structure and growth dynamics of *Cymodocea nodosa* meadows. *Scientia Marina*, 66(4), 365-373.

Cimerman, F. (1991). Mediterranean Foraminifera. *Academia Scientiarum et Artium Slovenica Classis IV*, 30.

Colom, G. (1974). Foraminíferos ibéricos: introducción al estudio de las especies bentónicas recientes.

El Kateb, A., Stalder, C., Martínez-Colón, M., Mateu-Vicens, G., Francescangeli, F., Coletti, G., ... & Spezzaferri, S. (2020). Foraminiferal-based biotic indices to assess the ecological quality status of the Gulf of Gabes (Tunisia): Present limitations and future perspectives. *Ecological Indicators*, 111, 105962.

Gupta, B. K. S. (1999). Modern foraminifera (pp. 7-36). B. K. S. Gupta (Ed.). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Haq, B. U., & Boersma, A. (Eds.). (1998). Introduction to marine micropaleontology. Elsevier.

Jorissen, F., Nardelli, M. P., Almogi-Labin, A., Barras, C., Bergamin, L., Bicchi, E., ... & Romano, E. (2018). Developing Foram-AMBI for biomonitoring in the Mediterranean: species assignments to ecological categories. *Marine Micropaleontology*, 140, 33-45.

Langer, M. R. (1993). Epiphytic foraminifera. *Marine Micropaleontology*, 20(3-4), 235-265.

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

Mateu-Vicens, G., Box, A., Deudero, S., & Rodríguez, B. (2010). Comparative analysis of epiphytic foraminifera in sediments colonized by seagrass *Posidonia oceanica* and invasive macroalgae *Caulerpa* spp. *The Journal of Foraminiferal Research*, 40(2), 134-147.

Mateu-Vicens, G., Khokhlova, A., & Sebastián-Pastor, T. (2014). Epiphytic foraminiferal indices as bioindicators in Mediterranean seagrass meadows. *Journal of Foraminiferal Research*, 44(3), 325-339.

Milker, Y., & Schmiendl, G. (2012). A taxonomic guide to modern benthic shelf foraminifera of the western Mediterranean Sea. *Palaeontologia electronica*, 15(2), 1-134.

Murray, J. W. (1991). Ecology and distribution of benthic foraminifera. *Biology of foraminifera*, 221-254.

Ruiz, J.M., E. Guillén, A. Ramos Segura & M. Otero. 2015. Atlas de las praderas marinas de España. IEO/IEL/UICN, Murcia-Alicante-Málaga, 681 pp.

Schönfeld, J., Alve, E., Geslin, E., Jorissen, F., Korsun, S., & Spezzaferri, S. (2012). The FOBIMO (FORaminiferal Blo-MONitoring) initiative—Towards a standardised protocol

for soft-bottom benthic foraminiferal monitoring studies. *Marine Micropaleontology*, 94, 1-13.