

# Mortalitat massiva de crustacis a les Illes Balears: avaluació de patògens associats a altres organismes marins

Gaetano CATANESE, Margalida VANRELL-VALLS, José María VALENCIA i Amàlia GRAU

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

CataneSE, G., Vanrell-Valls, M., Valencia, J.M. i Grau, A. 2025. Mortalitat massiva de crustacis a les Illes Balears: avaluació de patògens associats a altres organismes marins. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 68: 33-45. ISSN 0212-260X. e-ISSN 2444-8192. Palma.

Aquest estudi aborda un esdeveniment de mortalitat massiva (EMM) de crustacis ocorregut al febrer de 2024 a les badies d'Alcúdia i Pollença, Mallorca. Les anàlisis de biologia molecular van identificar l'espècie afectada com l'eufausiaci *Thysanoessa gregaria* (krill), caracteritzada per la seva associació amb aigües atlàntiques. Mitjançant tècniques de biologia molecular i histologia, es va descartar la presència de patògens rellevants que han provocat mortalitats massives d'altres espècies a la mateixa zona com *Haplosporidium pinnae*, *Mycobacterium* sp. i *Vibrio mediterranei*. No es van detectar protozoous ni signes d'encefalopatia causada per virus, però es va identificar el bacteri *Cobetia amphilecti* en individus morts, tot i que possiblement relacionat amb processos de descomposició postmortem. L'estudi suggereix que factors ambientals, com canvis tèrmics o afloraments d'aigües profundes, podrien haver precipitat l'esdeveniment, destacant l'impacte de les onades de calor marines recurrents al Mediterrani, que afecten especialment espècies sensibles. Els esdeveniments subratllen la necessitat de respostes ràpides i investigacions interdisciplinàries per mitigar aquests fenòmens i preservar la biodiversitat marina.  
**Paraules clau:** *Mortalitat massiva, crustacis, Thysanoessa gregaria, patògens marins.*

MASS MORTALITY OF CRUSTACEANS IN THE BALEARIC ISLANDS: ASSESSMENT OF PATHOGENS ASSOCIATED WITH OTHER MARINE ORGANISMS. This study addresses a mass mortality event (MME) of crustaceans that occurred in February 2024 in the bays of Alcudia and Pollença, Mallorca. Genetic analyses identified the affected species as the euphausiaceae shrimp *Thysanoessa gregaria* (krill), characterized by its association with Atlantic waters. Using molecular biology and histology techniques, the presence of relevant pathogens affecting other species in the same area—such as *Haplosporidium pinnae*, *Mycobacterium* sp. and *Vibrio mediterranei*—was ruled out. No protozoa or signs of virus-induced encephalopathy were detected. However, the bacterium *Cobetia amphilecti* was identified in deceased individuals, although it was possibly related to postmortem decomposition processes. The study suggests that environmental factors, such as thermal changes or upwellings of deep waters, may have triggered the event, highlighting the impact of recurrent marine heatwaves in the Mediterranean, which particularly affect sensitive species. These events underscore the need for rapid responses and interdisciplinary research to mitigate such phenomena and preserve ma-

rine biodiversity.

**Keywords:** *Mass mortality, crustaceans, Thysanoessa gregaria, marine pathogens.*

Gaetano CATANESE IRFAP LIMIA Laboratori d'Investigacions Marines i Aqüicultura, Govern de les Illes Balears, Av. Gabriel Roca 69, 07157 Port d'Andratx, Illes Balears, e INAGEA (UIB), Complex Balear de Recerca, Desenvolupament Tecnològic i Innovació (Parc Bit), Carrer Blaise Pascal 6, 07120 Palma, Illes Balears, Autor de correspondència: [gaetano.catanese@uib.es](mailto:gaetano.catanese@uib.es). Margalida VANRELL-VALLS IRFAP LIMIA Laboratori d'Investigacions Marines i Aqüicultura, Govern de les Illes Balears, Av. Gabriel Roca 69, 07157 Port d'Andratx, Illes Balears. José Maria VALENCIA IRFAP LIMIA Laboratori d'Investigacions Marines i Aqüicultura, Govern de les Illes Balears, Av. Gabriel Roca 69, 07157 Port d'Andratx, Illes Balears, e INAGEA (UIB), Complex Balear de Recerca, Desenvolupament Tecnològic i Innovació (Parc Bit), Carrer Blaise Pascal 6, 07120 Palma, Illes Balears. Amalia GRAU IRFAP LIMIA Laboratori d'Investigacions Marines i Aqüicultura, Govern de les Illes Balears, Av. Gabriel Roca 69, 07157 Port d'Andratx, Illes Balears, e INAGEA (UIB), Complex Balear de Recerca, Desenvolupament Tecnològic i Innovació (Parc Bit), Carrer Blaise Pascal 6, 07120 Palma, Illes Balears

*Recepció del manuscrit: 12-03-2025; revisió acceptada: 18-03-2025; publicació online: 18-03-2025.*

## Introducció

Els esdeveniments de mortalitat massiva (MME) en organismes marins, impulsats per factors com el canvi climàtic i la contaminació, representen una amenaça creixent per a la biodiversitat i la salut dels oceans. Aquests esdeveniments, que abans es consideraven inusuals, han augmentat en freqüència i severitat en el darrer segle, generant preocupació sobre la resiliència dels ecosistemes marins i la sostenibilitat dels recursos pesquers.

El febrer de 2024, les badies d'Alcúdia i Pollença, situades a Mallorca (Illes Balears) (Fig. 1), van ser l'epicentre d'un MME que va afectar poblacions de petits crustacis. Es va registrar l'aparició de centenars de milers d'individus morts, tant a la superfície del mar com a les platges, la qual cosa va suscitar preocupació tant a la ciutadania com a la comunitat científica (Figs. 2-3). Aquest estudi analitza aquest fenomen, la durada del qual va ser d'aproximadament 3-4 dies, avaluant els possibles factors desencadenants, que inclouen agents infecto-contagiosos i condicions ambientals o físiques.

Els crustacis exerceixen un paper fonamental als ecosistemes marins, no només com a part de les xarxes tròfiques, sinó també com a vectors mecànics i, en certs casos, com a hostes intermediaris en els cicles de vida de diversos patògens marins. La seva capacitat per transportar patògens de forma passiva es manifesta tant mitjançant el seu exoesquelet com a través del seu tracte digestiu, després de la ingesta de partícules infectades, incloent espores bacterianes, virions i protozous presents a la columna d'aigua (EFSA, 2023).

Tot i que la susceptibilitat intrínseca dels crustacis als patògens que afecten mol·luscs i peixos és generalment baixa, aquests artròpodes poden actuar com a reservoris i vectors de bacteris marins ubics, promovent-ne la transmissió a través d'interaccions amb altres organismes. Aquest paper vectorial és particularment rellevant en la propagació indirecta de patògens, com protozous i virus, a mol·luscs filtradors. En aquest context, la simbiosi de certs crustacis amb mol·luscs filtradors (per exemple, el cas de *Pontonia pinnophylax* i *Nepinnotheres pinnotheres* amb la nacra, *Pinna nobilis*) podria constituir un mecanisme eficient de trans-



**Fig. 1.** Ubicació de les badies d'Alcúdia i Pollença.

**Fig. 1.** Location of the Bays of Alcúdia and Pollença.

missió. Així, els crustacis poden contribuir a la disseminació de patògens el cycle de vida dels quals depèn de la interacció de múltiples espècies, facilitant la seva persistència en el medi marí. Aquest mecanisme és observable en el cas de la disseminació de protozous o virus, els quals, en ser ingerits per aquests últims, poden ser transmesos indirectament (Hine i Tustin, 2002).

S'han descrit com a exemples d'aquesta funció vectorial diversos grups de patògens en què els mol·luscs i els peixos actuen com a hostes definitius: Apicomplexa (per exemple, *Aggregata* spp.) en cefalòpodes (Tedesco et al., 2017; Colunga Ramírez et al., 2021); dinoflagel·lats i Ascetosporea en mol·luscs bivalves (per exemple, *Perkinsus*,

*Haplosporidium*, *Bonamia*, *Minchinia*) (Carrasco et al., 2012; Villalba et al., 2004; Fernández Robledo et al., 2014); virus de les famílies Nodaviridae i Iridoviridae (Valencia et al., 2018; 2019); i bacteris dels gèneres *Vibrio*, *Photobacterium* i *Mycobacterium* (Leyton i Riquelme, 2008; Catanese et al., 2023; Morick et al., 2023; Hegde et al., 2023).

Un dels patògens de major impacte recent al Mediterrani és *Haplosporidium pinnae*, considerat com el principal agent etiològic responsable de la mortalitat massiva de la nacra, *P. nobilis*. Malgrat la seva alta letalitat, l'origen i els possibles hostes intermediaris d'aquest paràsit encara no han estat identificats i continuen sent objecte d'investigació (Catanese et al., 2018;



**Fig. 2.** Dipòsits de krill a la platja d'Alcúdia.

*Fig. 2. Krill washed up on Alcudia beach.*

Grau *et al.*, 2021).

La interacció entre patògens i factors ambientals exerceix un paper clau en la dinàmica de les malalties emergents en poblacions de crustacis. Diversos tipus

d'estrès ambiental poden afavorir el desenvolupament de brots epizoòtics, la qual cosa suggereix una forta influència de les condicions ecològiques en l'epizootiologia d'aquestes infeccions (Shields, 2012).



**Fig. 3.** Detall del krill dipositat a la platja.  
*Fig. 3. Detail of krill deposited on the beach.*

Així mateix, alguns microorganismes aquàtics, com dinoflagel·lats i cianobacteris, que produeixen una àmplia gamma de metabòlits bioactius (molts dels quals tenen efectes tòxics sobre altres organismes marins), poden veure potenciada de manera significativa la seva proliferació i/o producció de toxines per variacions en la temperatura de l'aigua o per afloraments locals de masses d'aigua riques en nutrients. Això subratlla la necessitat d'un monitoratge

continuat d'aquests compostos en ecosistemes aquàtics, especialment en un context de canvi climàtic, ja que les fluctuacions tèrmiques podrien afavorir tant la seva proliferació com la bioacumulació de toxines al llarg de la cadena tròfica (Núñez-Vázquez *et al.*, 2011).

Aquest estudi presenta una anàlisi de les possibles etiologies involucrades en l'esdeveniment de mortalitat massiva de crustacis registrat al febrer de 2024, així com

les seves implicacions ecològiques.

## Material i mètodes

Amb l'objectiu de determinar les possibles causes de l'esdeveniment de mortalitat massiva, es van dur a terme anàlisis detallades al laboratori de l'IRFAP LIMIA, emprant tècniques de biologia molecular i histologia.

El 16 de febrer de 2024, es van recollir set mostres a les badies d'Alcúdia i Pollença (Mallorca, Illes Balears) fixades en formaldehid (n=2) i en etanol (n=5), procedents tant del medi marí com de la línia de costa. Els exemplars recollits a l'aigua corresponien a individus moribunds, mentre que els recollits a la vora eren organismes morts. Cada tub de mostra contenia entre 5 i 15 individus. Per a l'estudi de biologia molecular, es van utilitzar les 5 mostres fixades en etanol al 100%: tres mostres procedents de Pollença (dues d'individus encallats a la platja i una d'individus procedents de l'aigua) i dues d'Alcúdia (una de la platja i una altra de l'aigua).

Per a les anàlisis histològiques, es van usar 2 mostres dels individus morts encallats a la platja d'Alcúdia i Pollença, que van ser fixades en formol al 4% tamponat amb fosfats.

### Anàlisi molecular

Es van realitzar anàlisis de biologia molecular per a la identificació d'espècies i la detecció de patògens comuns. L'ADN total es va extreure utilitzant el kit DNA Tissue Extraction Kit (Macherey-Nagel, Dueren, Alemanya), seguint les instruccions del fabricant. La qualitat i concentració de l'ADN es van avaluar posteriorment mitjançant espectrofotometria fent servir el Nanodrop 2000 Spectrophotometer (Thermo Scientific, Waltham, MA, EUA).

Es va realitzar l'amplificació per PCR d'un fragment d'aproximadament 600 pb del gen mitocondrial citocrom oxidasa I (COI) per a la identificació d'espècies d'artròpodes, utilitzant els primers HCO2198/LCO1492, segons el descrit per Folmer *et al.* (1994). A més, es van fer servir primers del gen 18S rRNA per a la possible detecció de paràsits mitjançant PCR, i primers del gen 16S rDNA per a la detecció de bacteris comuns en organismes marins, incloent-hi *Mycobacterium*, *Vibrio mediterranei* i *Photobacterium* sp.

També es van realitzar amplificacions per PCR de diverses regions de la unitat ribosòmica per a la detecció de *H. pinnae*. Es van utilitzar els primers HPNITSF i 1500R (Moro-Martínez *et al.*, 2023) per amplificar una regió parcial de l'ADN ribosòmic ITS2, mentre que els primers HapF1/HapR2 (Renault *et al.*, 2000) i HpF3/HpR3 (López-Sanmartín *et al.*, 2019) es van utilitzar per amplificar regions parcials del gen 18S rRNA.

A més, es van utilitzar els primers mycgen-f/mycgen-r (Böddinghaus *et al.*, 1990) per detectar la presència de *Mycobacterium* sp. en les mostres. Per a la detecció de bacteris del gènere *Vibrio*, es van utilitzar els primers Vib16sF/Vib16sR o Vib-atpA-F/Vib-atpA-R, específics per *Vibrio mediterranei*, seguint les condicions de PCR descrites per diversos autors (Andree *et al.*, 2021; Prado *et al.*, 2020; 2020b). A causa de la conservació de les mostres en etanol, no va ser possible realitzar anàlisis moleculars per a la detecció de nodavirus.

En cada reacció de PCR es van incloure controls positius i negatius d'amplificació. Els productes de PCR resultants es van analitzar mitjançant electroforesi en gels d'agarosa-TAE a l'1% tenyits amb GelRed® Nucleic Acid Gel Stain (Biotium, Fremont, CA, EUA). Els amplicons obtinguts es van

purificar utilitzant el kit comercial MI Gel Purification Kit (Metabion, Planegg, Alemanya). La seqüenciació dels productes purificats es va dur a terme en un analitzador genètic ABI 3130 (Applied Biosystems, Carlsbad, CA, EUA) a l'empresa de serveis Secugen S.L. (Madrid, Espanya).

Finalment, les seqüències obtingudes es van alinear per realitzar una anàlisi comparativa amb seqüències conegudes del GenBank i del BOLD, utilitzant l'eina BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) del Centre Nacional per a la Informació Biotecnològica (NCBI). Posteriorment, es va realitzar una reconstrucció filogenètica mitjançant els programes BioEdit v7.2.5 (Hall, 1999) i MEGA 11 (Tamura *et al.*, 2021).

### **Anàlisis histològiques**

Per a les anàlisis histològiques, les mostres inicialment fixades en formalina al 4% tamponat amb fosfats van ser postfixades en líquid de Davidson amb l'objectiu de facilitar la inclusió de l'exoesquelet de quitina en parafina. Posteriorment, les mostres van ser deshidratades mitjançant un gradient ascendent d'alcohol. L'aclariment posterior es va realitzar mitjançant X-free (Bio optica, Milà, Itàlia) per facilitar la infiltració dels exemplars en Paraplast plus (Leica Biosystems, Nussloch, Alemanya). Es van incloure entre 7 i 10 individus sencers, disposats longitudinalment, per bloc de mostra.

Un cop incloses en parafina, les mostres van ser seccionades en talls de 4-6 µm de gruix utilitzant un micròtom manual de rotació i es van muntar sobre portaobjectes de vidre. Després de l'assecat, les seccions es van tenyir amb les tincions morfològiques hematoxilina de Mayer-eosina acètica (HE; Luna, 1968) i hematoxilina-VOF (Gutierrez, 1967). A més, es van realitzar les tincions de

Ziehl-Neelsen (Luna, 1968) per identificar bacteris àcid-alcohol resistents i de Gram (Brown i Brenn, 1931) per a la visualització de bacteris. Finalment, les mostres tenyides van ser deshidratades i muntades en Eukitt per a la seva observació al microscopi.

### **Resultats i discussió**

En les 5 mostres analitzades mitjançant tècniques moleculars, es va obtenir amplificació positiva en tots els assaigs realitzats per al gen de la coenzima oxidasa I (COI). Com a resultat, els fragments amplificats es van seqüenciar per a la identificació taxonòmica. Les anàlisis genètiques/moleculars van revelar una identitat del 100% (mitjançant BLAST) en comparació amb seqüències dipositades a les bases de dades BOLD i GenBank, confirmant inequívocament que l'espècie afectada en l'esdeveniment de mortalitat massiva correspon a l'eufausid *Thysanoessa gregaria*, coneguda comunament com a krill. Aquesta espècie pelàgica habita des d'aigües superficials fins a profunditats d'aproximadament 1.000 metres. A la Mediterrània, *T. gregaria* és una espècie indicadora de masses d'aigua d'origen atlàntic.

A la mar Mediterrània s'han documentat 13 espècies de krill (Mauchline i Fisher, 1969; Casanova, 1970; Brinton *et al.*, 2000; Mavidis *et al.*, 2005), incloent-hi *T. gregaria*. No obstant això, a les aigües del Mediterrani espanyol, les mostres acústiques i de xarxa destinades a la identificació de krill no han detectat aquesta espècie (Ventero *et al.*, 2019).

Tot i que s'ha descrit la distribució espacial de diverses espècies de krill a l'oest del Mediterrani, les dades sobre l'abundància de *T. gregaria* continuen sent escasses, especialment a la mar Balear.

L'única regió on s'ha dut a terme un estudi detallat de l'abundància de larves d'eufausiids és el mar Adriàtic, on s'han observat individus de *T. gregaria*. No obstant això, la detecció de *T. gregaria* ha estat considerada rara i les abundàncies han estat menors en comparació amb les larves de les altres onze espècies d'eufausiids detectades (Gangai *et al.*, 2012).

L'anàlisi histològica va revelar que ambdues mostres preses a la vora d'Alcúdia i Pollença presentaven un alt grau d'autòlisi i de putrefacció, la qual cosa va dificultar la identificació d'estructures tissulars; no obstant això, una de les mostres (procedent d'Alcúdia) va mostrar positivitat per a bacteris Gram+ i bacteris àcid-alcohol resistents, observant-se bacils curts robustos i pleomòrfics. La degradació tissular de les mostres va impedir l'obtenció de resultats addicionals. Tanmateix, no es va detectar la presència de protozous ni metazous en cap de les mostres analitzades.

A la mar Balear, s'han registrat recentment diversos esdeveniments de MME i la detecció de patògens que prèviament no havien estat documentats en aquesta zona. Entre els agents infecciosos identificats s'inclouen el nodavirus, responsable d'episodis de mortalitat recurrents en peixos salvatges del mar Balear, com l'anfós *Epinephelus marginatus* i la morena *Muraena helena* (Valencia *et al.*, 2018; 2019); *Photobacterium* sp., associat a mortalitats de gatvaires *Scyliorhinus stellaris* en captivitat (Catanese *et al.*, 2021); el trematode ectoparàsit *Scaphanocephalus* sp. en raors *Xyrichtys novacula* i associat a la malaltia del punt blanc (Cohen-Sánchez *et al.*, 2023); i el protozou *H. pinnae*, que s'ha identificat com a principal responsable de la situació de risc crític en què es troba la nacra *P. nobilis* al Mediterrani (Vázquez-Luis *et al.*, 2017; Grau *et al.*, 2022).

Una sola mostra, corresponent a Pollença i recol·lectada de la vora, va donar una amplificació positiva per PCR (16S rDNA) i va ser seqüenciada. Totes les mostres van resultar negatives per PCR per *H. pinnae*, *Mycobacterium* sp. i *Vibrio mediterranei*. L'anàlisi BLAST va identificar l'espècie bacteriana detectada com a *Cobetia amphilecti*, un bacil aeròbic Gramnegatiu i halòfil capaç de formar biopel·lícules, la qual cosa podria afavorir la colonització secundària d'invertebrats i algues en ambients marins. Aquest microorganisme (*C. amphilecti*) ha estat estudiat com a model biològic en el fenomen natural del bio fouling i també s'ha detectat en sediments. Tot i que *C. amphilecti* no es considera un patògen primari, sí que s'ha apuntat que podria actuar com a oportunista.

L'etologia bacteriana identificada en les mostres positives no va mostrar una correlació directa amb la ubicació geogràfica, ja que una mostra provenia d'Alcúdia i una altra de Pollença. El factor comú entre ambdues mostres va ser la seva procedència de la vora, la qual cosa suggereix que els individus ja estaven morts en el moment de la recol·lecció, explicant el procés de putrefacció bacteriana post mortem observat. En cap de les mostres analitzades es va detectar la presència de protozous o metazous, descartant la seva implicació en l'episodi de mortalitat massiva.

Tot i que no es pot descartar completament la presència de nodavirus, no es van trobar evidències macroscòpiques ni clíniques compatibles amb la infecció, descrites en altres crustacis, com la pal·lidesa generalitzada del cos o lesions musculars focals blanquinoses localitzades en els segments abdominals (Zhang *et al.*, 2014). Els crustacis afectats per nodavirus solen manifestar comportaments anormals com agregació al fons i presentar



musculatura blanquinosa i atrofiada amb pèrdua de color (Yao *et al.*, 2022).

Tot i que els nodavirus són predominantment patògens de peixos, essent els responsables de patologies com l'encefalopatia i retinopatia viral (VER), s'han documentat infeccions esporàdiques en crustacis. Exemple ben documentat inclou la malaltia causada pel nodavirus de *Macrobrachium rosenbergii* (MrNV), que afecta la gamba gegant de riu i està associada al síndrome del cap blanc, així com infeccions de necrosi muscular per nodavirus en *Artemia* sp. i *Penaeus vannamei* (Ho *et al.*, 2018; Yao *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2014; Liu *et al.*, 2022).

A partir dels resultats obtinguts, es conclou que no es va identificar cap agent patògen que es pugui considerar el causant directe de l'esdeveniment de mortalitat massiva en *T. gregaria*. La causa subjacent podria estar relacionada amb factors ambientals, com poden ser afloraments de masses d'aigua profunda o variacions tèrmiques. En particular, la temperatura és un factor crític per a aquesta espècie, la distribució de la qual a la Mediterrània està vinculada a la influència d'aigües d'origen atlàntic (Okolodkov, 2010).

En les últimes dècades, nombrosos esdeveniments de mortalitat massiva han estat atribuïts, directament o indirectament, a onades de calor marines intenses i recurrents (Crisci *et al.*, 2011; Kersting *et al.*, 2013; Turicchia *et al.*, 2020), la freqüència de les quals està augmentant a escala global (Smale *et al.*, 2019). Aquestes onades de calor marines persistents han impactat significativament al mar Mediterrani, afectant particularment a comunitats bentòniques formades per organismes invertebrats longeus i sèssils com esponges, coralls, bivalves i ascidiacis (Cerrano *et al.*, 2000; Pérez *et al.*, 2000;

Garrabou *et al.*, 2009; Cebrián *et al.*, 2011; Rivetti *et al.*, 2014; Antoniadou *et al.*, 2023).

Els resultats d'aquest estudi subratllen la necessitat de respostes ràpides i d'un enfocament interdisciplinari per comprendre els factors subjacents a aquests fenòmens i mitigar els seus impactes en els ecosistemes marins.

## Agraïments

Els autors agraeixen a la Direcció General de Pesca de la Conselleria d'Agricultura, Pesca i Medi Natural del Govern de les Illes Balears pel seu suport i col·laboració. També voldríem expressar el nostre agraïment al mostrejador Chema Disdier de l'IMEDEA-CSIC per la seva valuosa ajuda en el mostreig. També volem agrair a n'Estrella Rodríguez, que va realitzar les fotografies de l'arribada dels crustacis a les platges.

## Referències

- Andree, K. B., Carrasco, N., Carella, F., Furones, D. i Prado, P., 2021. *Vibrio mediterranei*, a Potential emerging pathogen of marine fauna: Investigation of pathogenicity using a bacterial challenge in *Pinna nobilis* and development of a species-specific PCR. *Journal of Applied Microbiology*, 130: 617-631.
- Antoniadou, C., Pantelidou, M., Skoularikou, M. i Chintiroglou, C. C., 2023. Mass Mortality of shallow-water temperate corals in Marine Protected Areas of the north Aegean Sea (Eastern Mediterranean). *Hydrobiology*, 2(2): 311-325.
- Böddinghaus, B., Rogall, T., Flohr, T., Blöcker, H. i Böttger, E.C., 1990. Detection and identification of mycobacteria by amplification of rRNA. *Journal of Clinical Microbiology*, 28: 1751-1759.

- Brinton, E., Ohman, M.D., Townsend, A. W. i Knight, M.D., Breidgeman, A., 2000. Euphausiids of the world ocean. World Biodiversity Database CD-ROM series, ETI Expert Center for Taxonomic Identification. (Unesco Publishing, Paris).
- Carrasco, N., Villalba, A., Andree, K.B., Engelsma, M.Y., Lacuesta, B., Ramilo, A., Gairin, I. i Furones, M.D., 2012. *Bonamia exitiosa* (Haplosporidia) observed infecting the European flat oyster *Ostrea edulis* cultured on the Spanish Mediterranean coast. *Journal of Invertebrate Pathology*, 110 (3): 307–313.
- Casanova, B., 1970. Répartition bathymétrique des euphausiacés dans le bassin occidental de la Méditerranée. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.*, 34, 205–219.
- Catanese, G., Grau, A., Valencia, J.M., García-March, J.R., Alvarez, E., Vazquez-Luis, M., Deudero, S., Darriba, S., Carballal, M.J. i Villalba, A., 2018. *Haplosporidium pinnae* sp.nov., a haplosporidan parasite associated with massive mortalities of the fan mussel, *Pinna nobilis*, in the Western Mediterranean Sea. *Journal of Invertebrate Pathology*, 157: 9-24.  
<https://doi.org/10.1016/j.jip.2018.07.006>.
- Catanese, G. i Grau, A., 2023. First detection of *Photobacterium* spp. in acute hemorrhagic septicemia from the nursehound shark *Scyliorhinus stellaris*. *Fishes*, 8:128, 1-11.
- Cebrian, E., Uriz, M.J., Garrabou, J. i Ballesteros, E., 2011. Sponge mass mortalities in a warming Mediterranean Sea: Are cyanobacteria-harboring species worse off? *PLoS ONE*, 6: e20211.
- Cerrano, C., Bavestrello, G., Bianchi, C. N., Cattaneo-Vietti, R., Bava, S., *et al.*, 2000. Catastrophic mass-mortality episode of gorgonians and other organisms in the Ligurian Sea (North-western Mediterranean). *Ecology Letters*, 3: 284–293.  
<https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2000.00152.x>.
- Cohen-Sánchez, A., Valencia, J.M., Box, A., Solomando, A., Tejada, S., Pinya, S., Catanese, G. i Sureda, A., 2023. Black spot disease related to a trematode ectoparasite causes oxidative stress in *Xyrichtys novacula*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 560: 151854.
- Colunga Ramírez, G., Martínez-Aquino, A., Flores-López, C., Gestal, C., Azevedo, C. i Castellanos, S., 2021. *Aggregata polibraxiona* n. sp. (Apicomplexa: Aggregatidae) from *Octopus bimaculatus* Verrill, 1883 (Mollusca: Cephalopoda) from the Gulf of California, Mexico. *European Journal of Protistology*, 81: 125825.  
<https://doi.org/10.1016/j.ejop.2021.125825>
- Crisci, C., Bensoussan, N., Romano, J. C. i Garrabou, J., 2011. Temperature anomalies and mortality events in marine communities: insights on factors behind differential mortality impacts in the NW Mediterranean. *PLoS ONE*, 6: e23814.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023814>.
- EFSA AHAW Panel (EFSA Panel on Animal Health and Welfare) Nielsen, S. S., Alvarez, J., Bicout, D., Calistri, P., Canali, E., Drewe, J. A., Garin-Bastuji, B., Gonzales Rojas, J. L., Smith, C. G., Herskin, M., Michel, V., Miranda Chueca, M. A., Padalino, B., Spoolder, H., Stahl, K., Velarde, A., Viltrop, A., Winckler, C., . . . Roberts, H., 2023. Species which may act as vectors or reservoirs of diseases covered by the Animal Health Law: Listed pathogens of crustaceans. *EFSA Journal*, 21(8): 1–33.  
<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.817>.
- Fernández Robledo, J.A., Vasta, G.R. i Record, N.R., 2014. Protozoan Parasites of Bivalve Molluscs: Literature Follows Culture. *PLOS ONE*, 9(6): e100872.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0100872>.
- Folmer, O., Black, M., Hoeh, W., Lutz, R. i Vrijenhoek, R., 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology*, 3: 294–9.
- Gangai, B., Lučić, D., Morović, M., Brautović, I. i Miloslavić, M., 2012. Population structure and diel vertical migration of euphausiid larvae in the open southern Adriatic Sea (July 2003). *Crustaceana*, 85(6), 659-684.  
<https://doi.org/10.1163/156854012X643942>

- Garrabou, J., Coma, R., Bensoussan, N., Bally, M., Chevaldonné, P., Cigliano, M., et al., 2009. Mass mortality in Northwestern Mediterranean rocky benthic communities: effects of the 2003 heat wave. *Global Change Biol.*, 15, 1090–1103. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01823.x>.
- Grau, A., Villalba, A., Navas, J.I., Hansjosten, B., Valencia, J.M., García-March, J.R., Prado, P., Follana-Berná, G., Morage, T., Vázquez-Luis, M., Álvarez, E., Katharios, P., Pavloudi, C., Nebot-Colomer, E., Tena-Medialdea, J., Lopez-Sanmartín, M., Peyran, C., Cizmek, H., Sarafidou, G., Issaris, Y., Tüney-Kizilkaya, I., Deudero, S., Planes, S., i Catanese, G., 2022. Wide-geographic and long-term analysis of the role of pathogens in the decline of *Pinna nobilis* to critically endangered species. *Frontiers in Marine Science*, 9: 666640. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.666640>
- Gutiérrez, M. 1967. Coloración histológica para ovarios de peces, crustáceos y moluscos. *Inv. Pesq.*, 31, 265-271.
- Hall, T.A. 1999. BioEdit: A user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucl. Acids. Symp. Ser.*, 41, 95–98.
- Hegde, A., Kabra, S., Basawa, R.M., Khile, D.A., Abbu, R.U.F., Thomas, N.A., Manickam, N.B. i Raval, R., 2023. Bacterial diseases in marine fish species: current trends and future prospects in disease management. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 25;39(11):317. <https://doi.org/10.1007/s11274-023-03755-5>.
- Hine, P.M., i Tustin, R.D., 2002. Transmission of protozoan parasites and viruses to filter-feeding molluscs. *Aquaculture*, 214(1-4), 27-40.
- Ho, K.L., Gabrielsen, M., Beh, P.L., Kueh, C.L., Thong, Q.X., Streetley, J., Tan, W.S. i Bhella, D., 2018. Structure of the *Macrobrachium rosenbergii* nodavirus: A new genus within the Nodaviridae? *PLoS Biol.* 16(10):e3000038. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000038>.
- Kersting, D.K., Bensoussan, N. i Linares, C., 2013. Long-term responses of the endemic reef-builder *Cladocora caespitosa* to Mediterranean warming. *PLoS ONE* 8:e70820. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070820>
- Leyton, Y. i Riquelme, C., 2008. Vibrios en los sistemas marinos costeros. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 43(3): 441-456
- Liu, S., Xia, J., Tian, Y., Yao, L., Xu, T., Li, X., Li, X., Wang, W., Kong, J. i Zhang, Q., 2022. Investigation of Pathogenic Mechanism of Covert Mortality Nodavirus Infection in *Penaeus vannamei*. *Frontiers in Microbiology* 31;13:904358. doi: 10.3389/fmicb.2022.904358
- López-Sanmartín, M., Catanese, G., Grau, A., Valencia, J.M., García-March, J.R. i Navas, J.I., 2019. Real-Time PCR based test for the early diagnosis of *Haplosporidium pinnae* affecting fan mussel *Pinna nobilis*. *PLoS ONE*, 14 (2), e0212028 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212028>
- Mauchline, J. i Fisher, L.R. 1969. The biology of euphausiids. *Advances in Marine Biology*, 7: 1-454. (Academic Press, London).
- Mavidis, M., Aplikioti, M., Kirmizoglou, I. i Koukouras, A., 2005. The euphausiacean fauna (Malacostraca) of the Aegean Sea, and comparison with those of the neighbouring seas. *Crustaceana*, 78(1): 19-27.
- Morick, D., Maron, Y., Davidovich, N., Zemah-Shamir, Z., Nachum-Biala, Y., Itay, P., Wosnick, N., Tchernov, D. i Harrus, S., 2023. Molecular identification of *Photobacterium damsela* in wild marine fish from the Eastern Mediterranean Sea. *Fishes*, 8, 60.
- Moro-Martínez, I., Vázquez-Luis, M., García-March, J.R., Prado, P., Mičić, M. i Catanese, G., 2023. *Haplosporidium pinnae* parasite detection in seawater samples. *Microorganisms*. 11: 1146, <https://doi.org/10.3390/microorganisms11051146>
- Núñez-Vázquez, E.J. Gárate-Lizárraga, I., Band-Schmidt, C.J., Cordero-Tapia, A., López-Cortés, D.J., Hernández-Sandoval, F.E.,

- Heredia-Tapia, A. i Bustillos-Guzmán, J., 2011. Impact of harmful algal blooms on wild and cultured animals in the Gulf of California. *Journal of Environmental Biology*, 32, 413-423
- Okolodkov, Y. 2010. Biogeografía marina. Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, Campeche ISBN: 978-607-7887-09-6; 978-607-7887-10-2
- Perez, T., Garrabou, J., Sartoretto, S., Harmelin, J. G., Francour, P. i Vacelet, J., 2000. Mass mortality of marine invertebrates: an unprecedented event in the North Occidental Mediterranean. *C. R. Acad. Sci. Paris* 323, 853–865. [https://doi.org/10.1016/S0764-4469\(00\)01237-3](https://doi.org/10.1016/S0764-4469(00)01237-3)
- Prado, P., Carrasco, N., Catanese, G., Grau, A., Cabanes, P., Carella, F., García-March, J.R., Tena, J., Roque, A., Bertomeu, E., Caiola, N., Furones, M.D. i Andree, K.A., 2020. Presence of *Vibrio mediterranei* associated to major mortality in stable individuals of *Pinna nobilis* L. *Aquaculture*, 519, 734899 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734899>
- Prado, P., Cabanes, P., Catanese, G., Carella, F., Carrasco, N., Grau, A., Hernandis, S., García-March, J.R., Tena, J., Caiola, N. i Andree, K.A., 2020b. *Growth of juvenile Pinna nobilis in captivity conditions: Dietary and pathological constraints. Aquaculture*, 522, 735167 DOI: 10.1016/j.aquaculture.2020.735167
- Renault, T., Stokes, N.A., Chollet, B., Cochennec, N., Berthe, F., Gérard, A. i Burreson, E.M., 2000. Haplosporidiosis in the Pacific oyster *Crassostrea gigas* from the French Atlantic coast. *Disease of Aquatic Organisms* 42 (3), 207–214. <https://doi.org/10.3354/dao042207>.
- Rivetti, I., Frascetti, S., Lionello, P., Zambianchi, E. I-Boero, F., 2014. Global warming and mass mortalities of benthic invertebrates in the Mediterranean Sea. *PLoS ONE* 9:e115655. doi: 10.1371/journal.pone.0115655
- Shields, J.D. 2012. The impact of pathogens on exploited populations of decapod crustaceans. *Journal of Invertebrate Pathology*, 110(2):211-24. doi: 10.1016/j.jip.2012.03.011.
- Smale, D.A., Wernberg, T., Oliver, E.C.J., Thomsen, M., Harvey, B.P., Straub, S.C., et al., 2019. Marine heatwaves threaten global biodiversity and the provision of ecosystem services. *Nature Climate Change* 9, 306–312. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0412-1>
- Tamura, K., Stecher, G. i Kumar, S., 2011. MEGA11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 11. *Molecular Biology and Evolution* 38(7):3022–3027 <https://doi.org/10.1093/molbev/msab120>
- Tedesco, P., Gestal, C., Begić, K., Mladineo, I., Castellanos-Martínez, S., Catanese, G., Terlizzi, A. i Fiorito, G., 2017. Morphological and molecular characterization of *Aggregata* spp. Frenzel 1885 (Apicomplexa: Aggregatidae) in *Octopus vulgaris* Cuvier 1797 (Mollusca: Cephalopoda) from Central Mediterranean. *Protist*, 168:636-648. <https://doi.org/10.1016/j.protis.2017.08.002>;
- Turicchia, E., Abbiati, M., Sweet, M. i Ponti, M., 2018. Mass mortality hits gorgonian forests at Montecristo Island. *Disease of Aquatic Organisms* 131, 79–85. <https://doi.org/10.3354/dao03284>
- Valencia, J.M., Grau, A., Box, A., Núñez-Reyes, V., Cohen-Sánchez, A. i Catanese, G., 2018. First detection of nodavirus as an etiological agent of MME of morays (*Muraena helena*) in Ibiza and Formentera. VII Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears Palma de Mallorca (Spain) Libro de Actas VII Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears
- Valencia, J.M., Grau, A., Pons, J., Jurado, J.A., Castro, J.A. i Catanese, G., 2019. Viral encephalopathy and retinopathy disease in *Epinephelus marginatus* from Balearic Islands Marine Protected Areas. *Diseases of Aquatic Organisms*, 135:49-58 DOI: 10.3354/dao03378
- Ventero, A., Iglesias, M. i Córdoba, P., 2019. Krill spatial distribution in the Spanish Mediterranean Sea in summer time, *Journal of Plankton Research*, 41:4, 491–505, <https://doi.org/10.1093/plankt/fbz030>
- Villalba, A., Reece, K. S., Camino Ordás, M., Casas, S. M. i Figueras, A., 2004. Perkinsosis

- in molluscs: A review. *Aquatic Living Resources*, 17(4): 411-432  
<http://doi.org/10.1051/alr:2004050>
- Yao, L., Wang, C., Wang, W., Li, Y., Liu, S., Kong, J. i Zhang, Q., 2022. Cases report of covert mortality nodavirus infection in indoor farming *Penaeus vannamei*. *Aquaculture Reports*, 25, 101238,  
<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101238>.
- Zhang, Q., Liu, Q., Liu, S., Yang, H., Liu, S., Zhu, L., Yang, B., Jin, J., Ding, L., Wang, X., Liang, Y., Wang, Q. i Huang, J., 2014. A new nodavirus is associated with covert mortality disease of shrimp. *Journal of General Virology* 95(12):2700-2709.  
<https://doi.org/10.1099/vir.0.070078-0>





