

ESPÈCIES INVASORES DE LA REGIÓ ERITREA A LA MAR MEDITERRÀNIA. SENYALS DE CANVI

Bella S. Galil

National Institute of Oceanography, Haifa, Israel

ERYTHREAN ALIEN SPECIES IN THE MEDITERRANEAN SEA – SIGNALS OF CHANGE. Nearly 600 alien marine metazoan species have been documented in the Mediterranean Sea. Although the extinction of a native species has not yet been reported, a precipitous decline in population levels, and even local extirpations, concurrent with the proliferation of alien species, had been recorded. The majority of aliens are thermophilic species originating from the Indo-Pacific or Indian Oceans, which have entered the Mediterranean through the Suez Canal. Newly analyzed data, gleaned from a recently assembled database tracing the spread of alien species in the Mediterranean, has facilitated an examination of the possible impacts of climate change. Although thermophilic species were periodically introduced for much of the 20th century, few spread beyond the Levantine Basin until the 1980s. Multiple anthropogenic stressors including pollution, eutrophication, destruction and fragmentation of habitats, fisheries overexploitation, and climate change have been implicated in the overall decline in the richness and diversity of the native Mediterranean littoral ecosystem. However, it is thought that the rising seawater surface temperatures observed during the last two decades has favoured the reproduction, growth, and survival of thermophilic aliens, providing them with a distinct advantage over native temperate Mediterranean taxa. The influx of thermophilic aliens has impacted both tourism and an already teetering fisheries industry by fostering the proliferation of noxious and poisonous species, by displacing commercially important native species, and by altering the food web.

Entre la dotzena d'espècies al·lòctones citades al mar Mediterrani abans de 1900, la meitat (els mol·luscs *Pinctada radiata*, *Cerithium scabridum*, *Mactra olorina*, l'alga *Hypnea valentiae*, la fanerògama marina *Halophila stipulacea* i el cranc nedador *Portunus pelagicus*) havien entrat a aquest mar a través del canal de Suez, encapçalant la invasió eritrea del Mediterrani. De les altres, tres eren poliquets serpúlids del fouling (*Hydroides dianthus*, *H. diramphus*, *H. elegans*) recol·lectats als ports d'Izmir i Nàpols; la palometa argentada, *Pampus argenteus*, trobada prop de Rijeka el 1896, va ser probablement transportada també per algun vaixell; i l'ostra perlífera, *Pinctada margaritifera*, va ser una de les primeres introduccions a causa de la aqüicultura. Des de llavors, l'entrada d'espècies al·lòctones ha continuat sense interrupció (figs. 1 i 2).

L'obertura del canal de Suez va provocar l'inici de debats sobre el seu possible impacte sobre les biotes eritrea i mediterrània. Els malacòlegs que estudiaven les faunes del Mediterrani i el mar Roig havien determinat que no hi havia espècies comunes a ambdós mars, i que l'obertura d'un canal marítim comportaria una modificació de les faunes als dos extrems d'aquest canal. Els primers investigadors d'aquest fenomen consideraven el canal com a una "ruta de caravanes" entre la Mediterrània i el mar Roig amb espècies provinents d'ambdós extrems del Canal. Keller, que va

viatjar a Egipte el 1882 i el 1886 per intentar trobar evidències de la presència d'espècies del Mediterrani o del mar Roig al Canal, era ben conscient que el seu treball era la primera publicació científica sobre la qüestió. Tot i així, cinquanta anys després de l'obertura del Canal, cap centre de recerca havia portat a terme un estudi extensiu de la transferència biòtica per poder respondre qüestions com les que es formulava W. Steinitz el 1919: "...té lloc un intercanvi de fauna entre els dos mars gràcies a aquest canal? Poden prosperar els immigrants de l'altra banda en aquesta o moren? Aquesta immigració ha causat canvis importants a la fauna de la cubeta oriental del Mediterrani?" Steinitz va estudiar la biota marina de Palestina el 1924 i 1925 i va trobar quinze espècies originàries del Indopacífic. El 1924 *The Cambridge Expedition to the Suez Canal* inicià una recerca de la "barreja dels organismes del Mediterrani i el mar Roig al canal de Suez" (Gardiner, 1924: 520). L'expedició estava encarregada de comprovar "quines formes han passat a través del Canal des del Mediterrani cap al mar Roig i viceversa; quan han passat, si ha estat en temps prehistòrics, més recentment o gràcies al Canal; com han passat, si ha estat nedant, gràcies a objectes flotants, enganxats als vaixells o per altres sistemes. Tots aquests fets resoldran la qüestió de per què algunes formes de vida poden travessar el Canal i altres no, i s'espera que l'expedició clarifiqui so-

L'ATZAVAR-
18



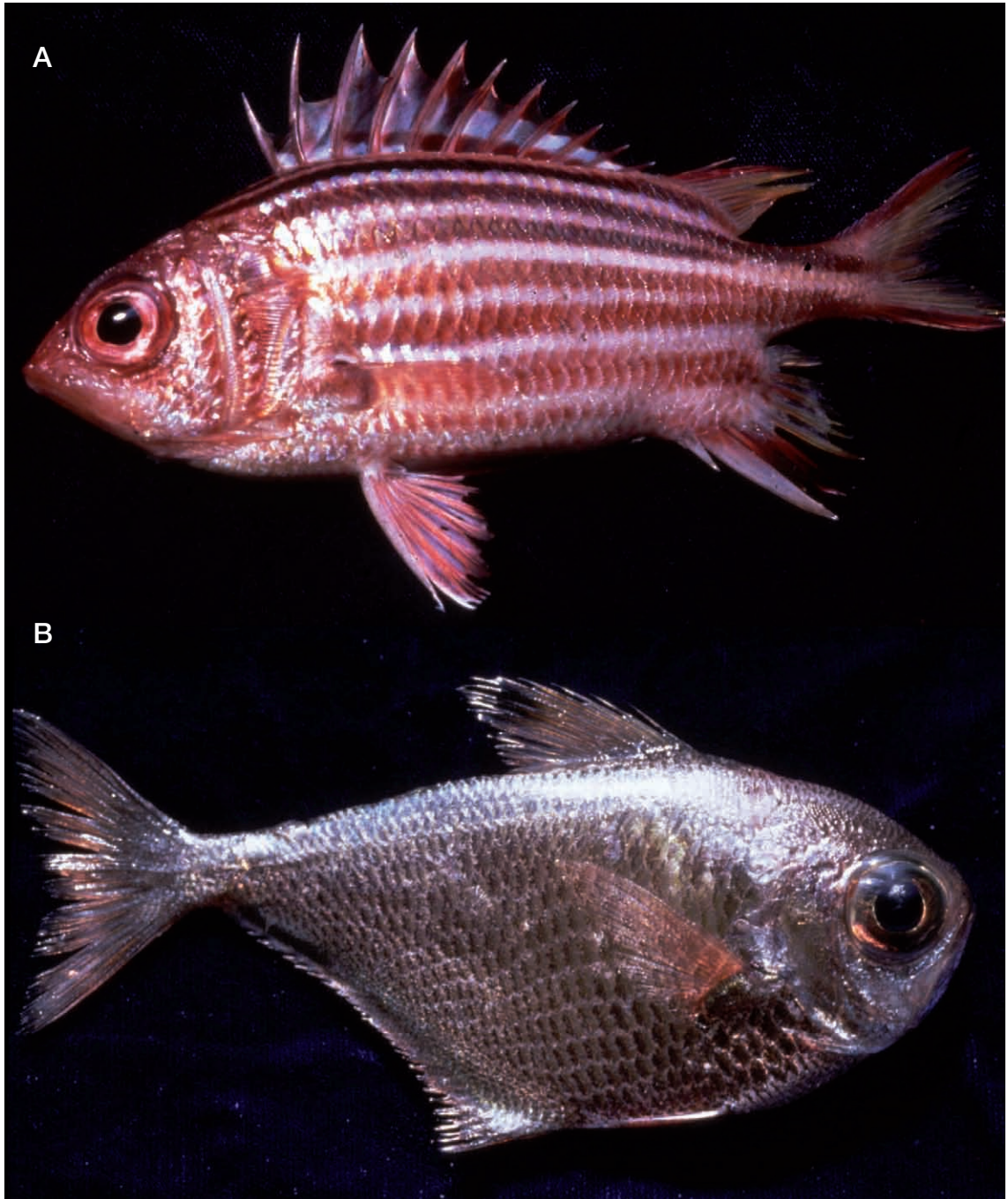


Figura 1. Dues espècies de peixos d'origen indopacífic freqüents a les costes del mar de Llevant, *Sargocentron rubrum* (A) i *Pempheris vanicolensis* (B).

bre les migracions marines en general i l'àrea que es podria investigar de forma periòdica a un cost baix" (Gardiner, 1924: 521). Els resultats dels estudis del material recol·lectat durant els tres mesos de l'expedició van ser publicats entre el desembre de 1926 i el gener de 1929 a *Transactions of the Zoological Society of London* i són encara avui l'únic estudi comprensiu sobre de biota del canal de Suez.

La progressió de la biota eritrea al mar de Llevant (extrem oriental del Mediterrani) a principis del segle XX va ser confirmada en

els inventaris d'aquesta regió. Les investigacions de la biota de la plataforma continental d'Israel portades a terme per la *Sea Fisheries Research Station* entre 1946 i 1956 van donar com a resultat una sèrie de publicacions que subratllaven l'existència de tàxons eritreus establerts al llarg de la costa. El 1967, es va establir un programa conjunt entre la *Smithsonian Institution*, la *Hebrew University* de Jerusalem i la *Sea Fisheries Research Station* de Haifa per investigar la propagació de la biota eritrea al Llevant (Israel, Xipre, Rodes) i l'impacte



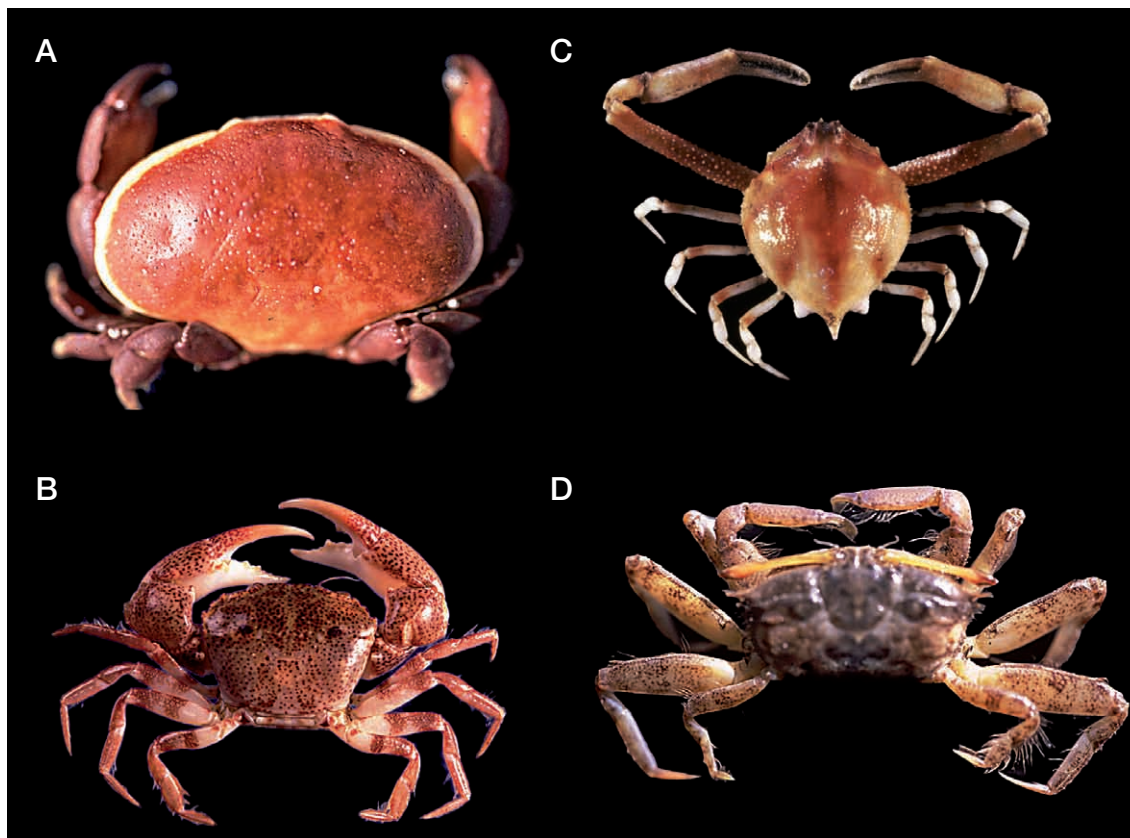


Figura 2. Quatre espècies de crancs invasors: *Atergatis roseus* (A), *Eucrater crenata* (B), *Myra subgranulata* (C) i *Macrophthalmus graeffi* (D).

d'aquesta sobre la biota nativa. Al final del tercer any de programa, amb unes 5300 mostres recol·lectades, parcialment separades i identificades, H. Steinitz, que col·laborava la recerca conjuntament amb W. Aron, publicava "A critical list of immigrants via the Suez Canal" on es referenciaven 140 espècies eritrees i indopacífiques que se sabia havien creuat el canal de Suez cap al Mediterrani (Steinitz, 1970). Actualment, està àmpliament acceptat que la biota litoral i infralitoral de la conca de Llevant ha sofert un ràpid i profund canvi (Por, 1978), i que les comunitats bentòniques superficials d'aquesta no coneixen paral·lelisme al Mediterrani a causa del gran nombre d'espècies d'origen eritreu.

Les actituds culturals envers el medi natural impregnen l'estudi, representació i la recepció de les espècies al·lòctones. Un cop introduïdes de forma fortuïta, les espècies al·lòctones han estat vistes com un recurs marí potencialment explotable: "...els passos definitius d'aquestes espècies a través de la totalitat del Canal [de Suez] representen un resultat econòmic també molt important" (Gravel, 1936: 228), i de forma tan tardana com al 1983, l'IFREMER (*Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer*) no sentia cap vergonya sobre la transferència de l'espècie invasora *Undaria pinnatifida* des del Mediterrani cap a la costa atlàntica

francesa amb la intenció de cultivar-la, mentre que ara han estat denunciats per contaminació biològica (Boudouresque and Verlaque, 2002). La gran invasió del mar de Levant per espècies eritrees que havia estat vista fins fa poc com un enriquiment biològic: "... una mena de buit ecològic on diferents nínxols estan disponibles" per la "colonització marina", i anomenat un "Godot basin"¹ (Oliverio and Taviani, 2003: 313, 314) –una etiqueta que els mateixos autors no aplicaven de la mateixa manera a les invasions de l'Adriàtic nord o de les Ilacunes franceses– és ara la víctima reconeguda de la pressió desenfrenada de propàguls conduïts per la corrent predominant des de la boca del canal de Suez.

La creixent constatació arreu del món que les invasions biològiques constitueixen un dels components més significatius del canvi global, sovint amb efectes nocius sobre la biodiversitat, l'economia i la salut humana, conjuntament amb l'oportuna desgràcia d'un grup d'invasors amb impactes notables sobre la biota marina mediterrània, han cridat l'atenció de científics, gestors i mitjans de comunicació. Està àmpliament reconegut que la biota litoral i infralito-

¹ (N del T) Una cubeta a l'espera dels colonitzadors atlàntics que mai arriben (de fet els colonitzadors ara arriben del mar Roig)



ral marina està experimentant un canvi ràpid i profund. Una sèrie d'atles (peixos, crustacis decàpodes i estomatòpodes, mol·luscs) resumeixen el coneixement actual de l'escala i l'impacte de les espècies exòtiques al Mediterrani (www.ciesm.org/atlas). Recentment, com a part d'un inventari comprensiu de les espècies al·lòctones a Europa sponsoritzat per la Unió Europea, un voluminós cos de bibliografia, on s'inclouen articles científics, informes i resums de conferències, ha estat conjuntat i examinat per tal de construir una base de dades que discerneixi l'origen, la data i el sistema d'introducció, la distribució actual, l'índex de difusió i els impactes actuals i potencials de les espècies al·lòctones al mar Mediterrani.

Què hi tenim?

Unes 600 espècies de metazous han estat citades com al·lòctones al Mediterrani. Totes són espècies bentòniques litorals i sublitorals o espècies demersals (o els seus paràsits). Com que la zona superficial costanera, i en especial el bentos, ha estat estudiat extensament i és més accessible, les probabilitats que les noves espècies arribades siguin trobades i identificades són més altes. A més, les espècies amb més probabilitats de ser introduïdes amb els mitjans predominants d'introducció (canal de Suez, vaixells, aqüicultura) són espècies d'aigües superficials.

Una classificació taxonòmica de les espècies al·lòctones (fig. 3) mostra que els filums

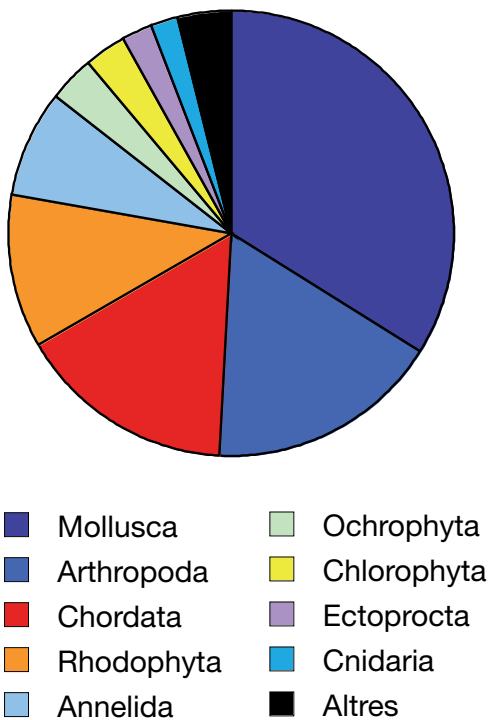


Figura 3. Distribució del percentatge d'espècies invasores segons el grup taxonòmic.

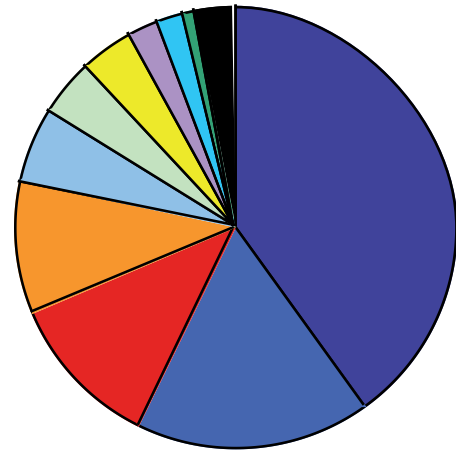


Figura 4. Distribució del percentatge d'espècies invasores segons el seu origen.

més citats són Mollusca (34%), Arthropoda (17%), Chordata (16%), Rhodophyta (11%) i Annelida (8%). Les dades són presumiblement més acurades per a les espècies grans i conspícues que són fàcils de distingir de les espècies natives, i aquelles que es distribueixen en àrees mostrejades amb freqüència o en zones de pesca i per aquells grups que hi ha experts taxònoms disponibles. No hi ha cap dada per a molts dels filums d'invertebrats de mida petita així com per als poc estudiats: Porifera, Nemertea, Priapula, Nematoda, Entoprocta, Pogonophora, Sipuncula, Echiura, Brachiopoda i Phoronida (Galil, 2008).

L'àrea d'origen de les espècies al·lòctones al Mediterrani (fig. 4) és amb més freqüència la regió Indopacífica (40%), l'oceà Índic (17%), el mar Roig (11%) i la regió pantropical (10%). S'ha d'anar amb compte a l'hora d'utilitzar aquestes dades ja que l'origen real de les poblacions mediterrànies d'espècies àmpliament distribuïdes a l'Indopacífic pot ser les seves poblacions al mar Roig, en comptes de les de l'oceà Índic o Pacífic, o fins i tot una introducció secundària a partir de les ja establertes prèviament al Mediterrani. Amb poques però notables excepcions, les poblacions originàries de les espècies al·lòctones del Mediterrani no han estat comprovades per mitjans moleculars. Tot i tenint en compte aquests advertiments, està absolutament clar que la major part de les espècies al·lòctones al Mediterrani són termòfiles, originàries dels mars tropicals.



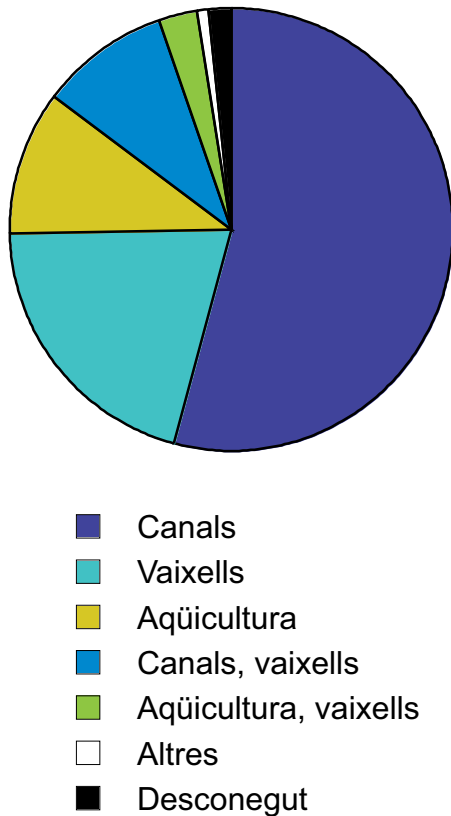


Figura 5. Distribució del percentatge d'espècies invasores segons el mitjà de colonització.

Fins allà on es pot deduir, la major part d'espècies al·lòctones al Mediterrani han entrat a través del canal de Suez (54%) (amb un addicional 10% en un principi introduïdes a través del Canal i després transportades per vaixells), seguit pel transport de vaixells (21%) i l'aqüicultura (10%) amb un 3% arribades per mitjà de l'aqüicultura i més tard distribuïdes per vaixells (fig. 5). Els mitjans d'introducció difereixen força entre els diferents filums: mentre que dels 103 macròfits al·lòctons, el 39% i el 26% van ser introduïts per l'aqüicultura i els vaixells, respectivament, la major part dels crustacis, mol·luscs i peixos al·lòctons són d'origen eritreu (59%, 64% i 88%, respectivament) i només unes poques espècies han estat introduïdes per l'aqüicultura (4%, 6% i 5%, respectivament) (fig. 6).

El nombre d'espècies al·lòctones que han estat citades al Mediterrani en cada una de les dècades del segle passat s'ha incrementat a les dècades més recents (fig. 7). La figura reflecteix crisis polítiques, desenvolupament econòmic i interès científic per trobar espècies marines al·lòctones. Les poques espècies citades abans del segle XX reflecteixen més probablement la ignorància del fenomen conjuntament amb una manca d'estudis de biologia marina. El buit durant la dècada de 1910 indica la Primera Guerra Mundial, mentre que el descens a les dècades dels anys 30 i 40 pot

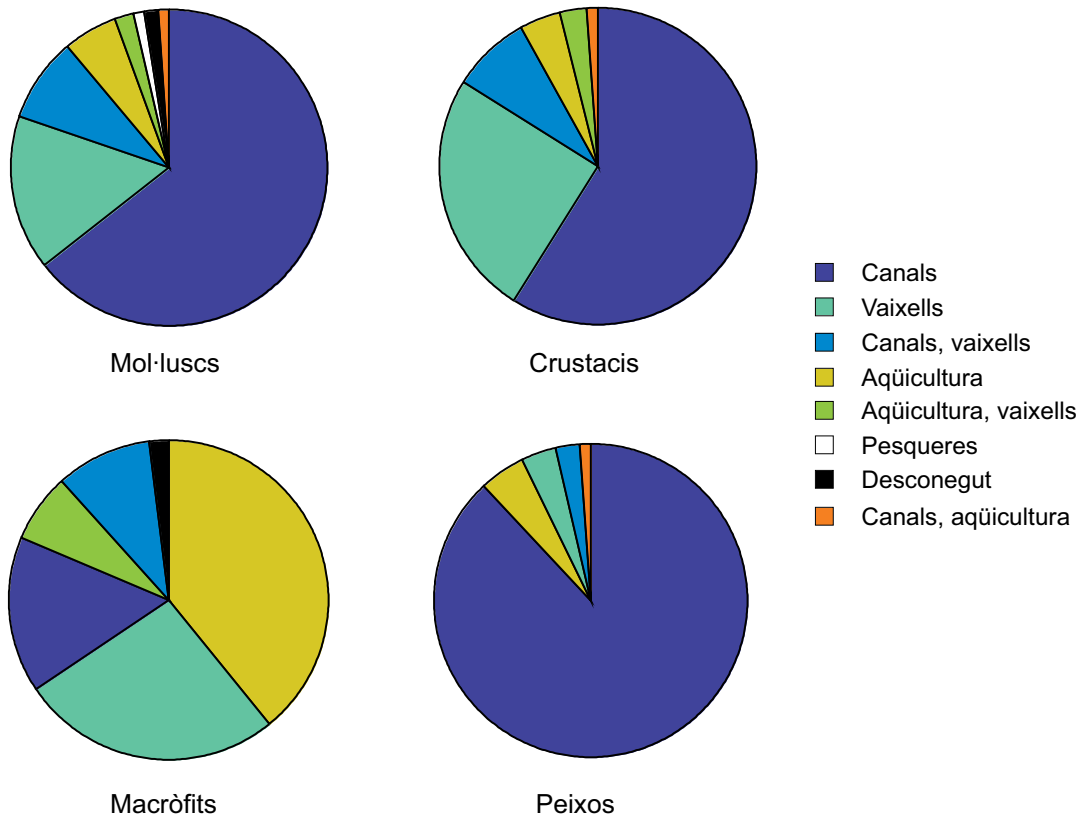


Figura 6. Distribució del percentatge d'espècies invasores segons el mitjà de colonització per als quatre grups taxonòmics considerats.



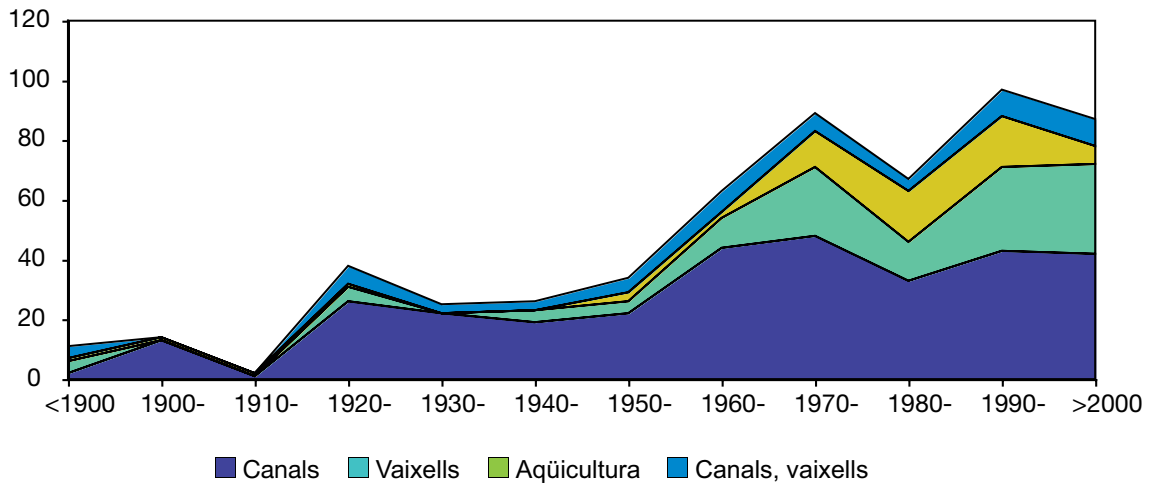


Figura 7. Nombre de noves espècies invasores citades al Mediterrani per a cada una de les dècades a partir de 1900.

ser adjudicat a la recessió econòmica i la devastació de la Segona Guerra Mundial. El descens bastant pronunciat de la dècada dels 80 podria ser a causa del tancament del canal de Suez i l'impacte de l'embargament de petroli sobre el comerç internacional que va fer disminuir el nombre de vaixells que transitaven pel Canal. L'increment en el nombre d'espècies al·lòctones transportades per vaixells pot ser atribuït a un increment del transport marítim a través de la regió a causa del desenvolupament dels camps petrolífers de l'Orient Mitjà i més tard a l'increment de comerç amb les economies del sud-est asiàtic.

La creixent importància del Mediterrani com a eix del comerç marítim internacional, l'onada de desenvolupament del conreu de mol·luscs durant els darrers 25 anys i la contínua ampliació del canal de Suez, contribueixen al ressorgiment de les introduccions a partir dels anys 50. L'augment de cites als anys 20 i 70 reflecteixen la publicació dels resultats de la *Cambridge Expedition to the Suez Canal* i del programa conjunt entre la *Smithsonian Institution*, la *Hebrew University* de Jerusalem i la *Sea Fisheries Research Station* de Haifa, respectivament. Sembla haver-hi un lleuger increment en el registre d'introduccions durant els primers anys del segle XXI (94 espècies) respecte al dels anys 90 (104 espècies). Moltes espècies han establert poblacions permanents i han ampliat el seu rang de distribució: 197 espècies al·lòctones han estat registrades en més de tres o més països mediterranis i 125 ho han estat en quatre o més.

Una comparació entre les espècies al·lòctones enregistrades a les costes mediterrànies de Espanya i França, i un equivalent en longitud de la costa del Llevant (de Port Said, Egipte fins a Marmaris, Turquia) mostra marcades diferències en els seus nombres, origen i mitjans d'introducció (fig. 8). Hi ha quasi quatre vegades més espècies al·lòctones a la

costa de Llevant (432) que a la costa mediterrània més occidental (112). La part més gran d'espècies al·lòctones de la costa oriental mediterrània han entrat a través del canal de Suez (70%), un 13% han estat transportades per vaixells i un 3% a causa de l'aqüicultura. En canvi, l'aqüicultura (44%), el transport per vaixells (37%) o ambdós mitjans són els principals sistemes d'introducció al Mediterrani occidental.

Impactes econòmics dels al·lòctons eritreus

Alguns invasors eritreus han estat explotats comercialment tot just després de la seva entrada al mar de Llevant i la seva importància econòmica va ser justificada molt aviat: "...el traspàs definitiu d'aquestes espècies a través de la totalitat del Canal presenten un resultat econòmic igualment molt important... ..per als mercats palestins i sirians, un suplement no negligible i particularment interessant, en conseqüència, pel conjunt d'aquests dos països" (Gruvel, 1936: 228-229).

Un dels primers invasors eritreus, el cranc nedador *Portunus pelagicus* estava ja a la venda a principis de 1900 als mercats del Llevant. A mitjan de segle els peixos d'origen eritreu eren una part important de les pesqueries de Llevant. Pel que fa referència als caladors israelians, el gros de la pesca de ròssec capturat entre 1950 i 1955 estava compost per tres espècies, dues de natives, el pagell (*Pagellus erythrinus*) i el lluç (*Merluccius merluccius*) i una d'invasora el moll ratllat groc (*Upeneus moluccensis*). Al 1955 els pescadors israelians registraren grans nombres del moll ratllat groc, i les dades recopilades per la *Sea Fisheries Research Station* de Haifa indicaven que el seu percentatge en el total de captures de mull·lids s'elevava del 20% fins més del 83% a principis de 1956, i era considerada l'espècie



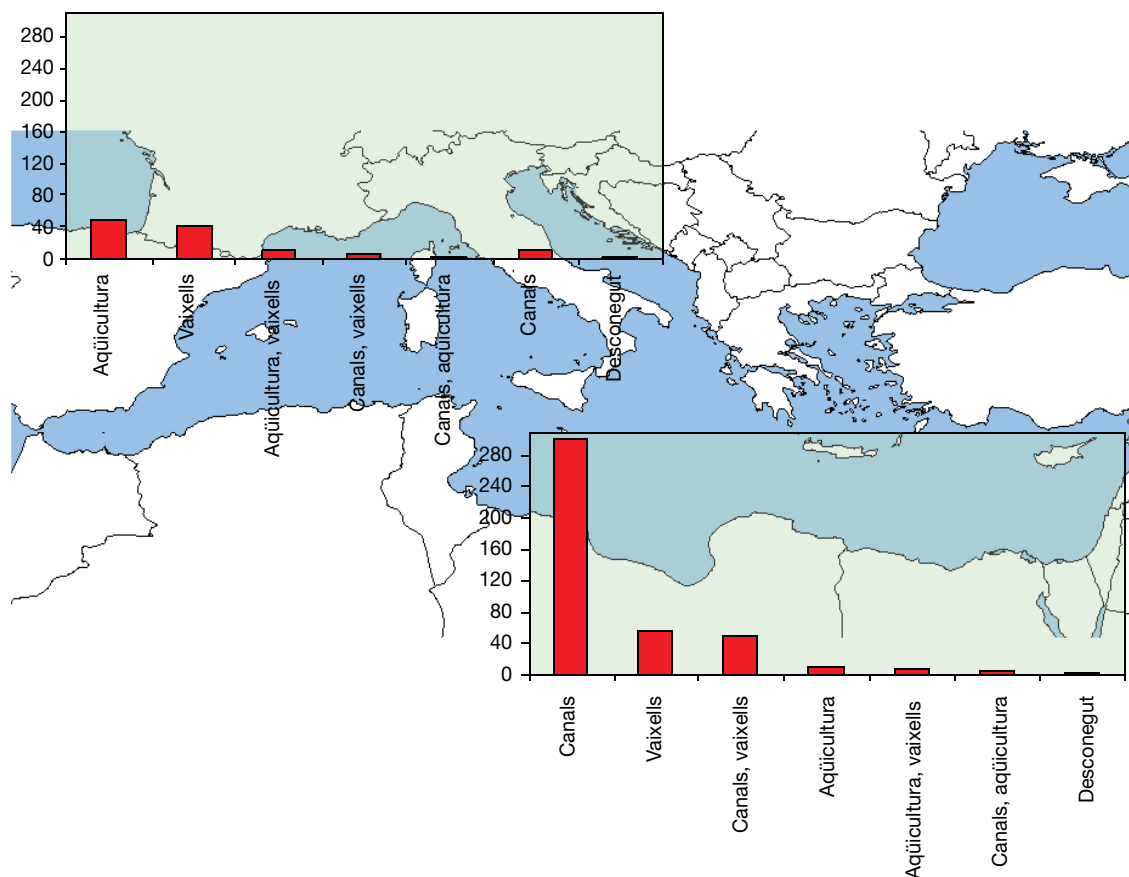


Figura 8. Diferències en el nombre d'espècies invasores segons el mitjà d'introducció a dues àrees mediterrànies, les costes d'Espanya i França (esquerra) i les del mar de Llevant (dreta).

comercial de peix més important en les captures israelianes de pesca de ròssec. Com les captures totals de múl·lids s'havien mantingut constants, el moll ratllat groc havia reemplaçat a principis dels 50 quasi completament l'espècie mediterrània, el moll de fang (*Mullus barbatus*) a la pesca de ròssec. També el 1955, un altre invasor eritreu, el peix llargardaix (*Saurida undosquamis*) va esdevenir una part important de les captures de ròssec. Els sobtats increments de les poblacions del peix llargardaix, del moll ratllat groc, del peix soldat vermell i de penèids eritreus va ser atribuït a l'increment d'entre 1 i 1,4°C de la temperatura del mar durant els mesos d'hivern de 1955.

L'examen de les estadístiques pesqueres israelianes a partir dels anys 80 subratllen la creixent prominència de les espècies invasores eritrees. El cargol eritreu *Conomurex persicus* i ocasionalment l'ostra espinosa (*Spondylus spinosus*) se serveixen a les marisqueries d'Israel. Les gambes de la família dels peneïds procedents de la regió eritrea componen la major part de les captures d'aquest tipus de crustacis a sud-est de la costa del Llevant. Les gambes eritrees, en particular *Marsupenaeus japonicus*, *Metapenaeus monoceros* i *Penaeus semisulcatus* són molt valorades i ha estat a partir dels anys 70 l'inici d'una indústria pes-

quera desenvolupada al mar de Llevant, on una petita flota de petits vaixells de ròssec s'ha especialitzat en aquesta pesqueria. Quasi la meitat de les captures de ròssec a la costa israeliana es fan sobre peixos d'origen eritreu. El peixos dominants a les pesqueries artesanals (trasmall i palangre) són els sigànids *Siganus rivulatus* i *S. luridus*, la barracuda *Sphyræna chrysotaenia* i el sorell subarí *Alepes djedaba*. Les espècies mencionades conjuntament amb *Sillago sihama* i *S. commerson*, dues espècies que van experimentar una explosió de les seves poblacions a principis dels 80, són comunes en els desembarcaments dels vaixells amb arts d'encerclament. Les estadístiques de captures de múl·lids no diferencien entre les espècies natives (*Mullus barbatus* i *M. surmuletus*) i les invasores (*Upeneus moluccensis* i *U. pori*) però, un estudi sobre la freqüència de la darrera espècie a les captures de ròssec portat a terme a mitjans dels 80 mostrava que aquesta representava el 87% de les captures totals de múl·lids enfront de la costa d'Israel a fondàries de 20 m, i del 50% a 55 m, mentre que les espècies natives eren més abundants en aigües més profundes. El percentatge dels múl·lids eritreus al total de captures de múl·lids ha estat augmentant progressivament, del 30% al 1980, al 42% al 1984 i fins al 47% al



1989. De forma similar, les estadístiques de captures dels esfirènids tampoc separen la barracuda del mar Roig dels espets nadius del Mediterrani (*Sphyaena sphyaena* i *S. viridens*). No obstant això, l'examen de les captures desembarcades mostra que la barracuda del mar Roig sobrepassa en nombre les dues espècies mediterrànies en les pesqueries artesanals i d'encerclament. A més, dues de les quatre espècies de clupeids eritreus que han establert poblacions al Llevant –*Dussumieria elopsoides* i *Herklotsichthys punctatus*– són importants en les pesqueries artesanals pelàgiques. L'explotació cada cop més gran dels invasors eritreus ha significat el desplaçament dels caladors prop de la costa, ja que les poblacions més denses ocupen fondàries inferiors als 50 m. Aquest desplaçament vers la costa dels caladors s'acoba amb l'inexorable augment d'invasors eritreus i incrementa la relació entre tàxons invasors i nadius en els desembarcaments de ròssec del mar de Llevant.

Però, junt amb les espècies comercialment explotables, la invasió eritrea ha portat a les costes la medusa *Rhopilema nomadica*. Cada estiu des dels anys 80, enormes bancs d'aquesta medusa eritrea han aparegut al llarg de la costa del Llevant. Aquests planctotròfics eixams, alguns de més de 100 km de longitud, han de produir estralls en uns recursos ja per si limitats d'aquest mar oligotròfic, i quan els eixams s'apropen a la riba, afecten de forma adversa el turisme, les pesqueries i les instal·lacions costaneres. Ja a l'estiu de 1987 greus picades a causa de les meduses que requerien hospitalització van estar registrades a la literatura mèdica: els pacients, principalment nens, afectats per lesions doloroses a diferents parts del cos es tracten cada estiu a les sales d'emergència a Israel. Els eixams anuals proporcionen cada any registres de víctimes que pateixen sensació de cremor, eritema i erupcions similars a la urticària que poden durar setmanes i fins i tot mesos després de l'accident. Els ajuntaments registren una disminució en el nombre d'estiuejants que freqüenten les platges a causa de la preocupació per les doloroses picades infligides per les meduses. Els diaris locals i les notícies de televisió informen durant els mesos d'estiu sobre la presència de meduses a les platges. El ròssec i la pesca d'encerclament s'interrompen durant els eixams a causa de l'obstrucció de les xarxes i la impossibilitat de triar la producció (fig. 9). Els pescadors, especialment d'encerclament, llencen calades senceres a causa de la presència aclaparadora de meduses a les seves xarxes. Els tubs de captura d'aigua bloquejats per les meduses posen en perill els sistemes de refrigeració de vaixells i centrals elèctriques costaneres: a l'estiu de 2001 *Israel Electric* va extreure tones de meduses de les canalitzacions de captura d'aigua a les seves



Figura 9. Resultat d'una pesquera on domina la medusa *Rhopilema nomadica* que fa impossible el seu aprofitament.

dues centrals més grans, amb un cost estimat de 50.000 dòlars.

La recent extensió en la distribució del peix globus de banda argentada (*Lagocephalus sceleratus*) i del peix gat ratllat (*Plotosus lineatus*) constitueix un perill sever per a la salut. Els òrgans interns del peix globus, i en particular les gònades durant l'època de reproducció, contenen una forta neurotoxina paralitzant. Recentment, a la ciutat de Suez a la riba del mar Roig s'han descrit vuit morts per enverinament de tetrodoxina que han estat associades a la ingesta de peix. Diversos casos d'enverinament han estat també registrats a Israel, però sense desenllaç fatal. No fa gaire, set mariners estrangers que havien menjat peix globus van ser hospitalitzats, un d'ells amb greus lesions que el van conduir a la mort clínica. Les ferides produïdes per les espines dorsals i pectorals del peix gat ratllat poden ser molt doloroses i requerir hospitalització, aquest tipus de ferides han estat enregistrades en pescadors professionals i amateurs (Galil, 2007).

Impactes ecològics dels invasors eritreus

S'han registrat diversos casos, davant les costes d'Israel, de sobtades disminucions en l'abundància d'algunes espècies al mateix temps que la proliferació d'espècies invasores i fins i tot la desaparició local d'alguna espècie nativa. Però, fins i tot quan les poblacions d'espècies natives del Mediterrani semblen estar totalment o parcialment desplaçades dels seu hàbitat per una invasora, les causes no es poden distingir amb claredat d'altres factors potencials com són la profunda alteració antropogènica de l'ecosistema marí, la destrucció de l'hàbitat, la contaminació o l'increment de la temperatura de l'aigua del mar.

El primer ciprinodòntid invasor eritreu, *Aphanius dispar*, es va recol·lectar enfront de Tel Aviv a l'hivern de 1943-44. El darrer espècimen de l'espècie nativa *A. fasciatus*, va ser



trobat a la mateixa zona el 1976. La hibridació natural de les dues espècies s'ha descrit com una cosa comuna, i a algunes localitats les poblacions estan compostes majoritàriament per híbrids. En el transcurs d'una generació, un genotip endèmic sembla haver-se perdut a causa de la hibridació i *A. dispar* i els seus híbrids han reemplaçat *A. fasciatus* a tota la costa mediterrània d'Israel.

Les dues espècies de sigànids, *Siganus rivulatus* y *S. luridus*, que van penetrar al Mediterrani des del mar Roig a través del canal de Suez, representen un terç de la biomassa de peixos en els hàbitats rocosos de la costa d'Israel. Els sigànids han alterat l'estructura de la comunitat i la xarxa tròfica nativa a tot l'infralitoral de la costa del Llevant. Han reemplaçat els peixos herbívors nadius, com ara la salpa (*Sarpa salpa*) que havia estat abundant en les captures de ròssec a principis del segle XX. Amb anterioritat a la invasió dels sigànids, hi havia uns pocs peixos i invertebrats nadius herbívors i el seu rol en la xarxa tròfica de la costa rocosa del Llevant havia estat negligible. La pressió herbívora dels sigànids sobre les algues de l'intermareal rocós ha pogut beneficiar la proliferació d'un musclo invasor d'origen eritreu en facilitar substrat adient per al seu establiment (vegeu més avall). Una anàlisi dels continguts estomacals dels sigànids en conjunció amb la composició espacial i estacional de les comunitats algals locals, ha mostrat que les seves dietes tenen un impacte significatiu sobre l'estructura d'aquestes comunitats: sembla que a causa d'una alimentació selectiva, els sigànids quasi han eradicat localment algunes de les algues preferides.

Un petit musclo mitílid eritreu, *Brachidontes pharaonis*, era considerat, a principis dels 70, 250 vegades més rar que el musclo natiu *Mytilaster minimus*, el qual formava denses catifes sobre les repeses rocoses de tota la costa israeliana. No obstant això, una inspecció portada a terme a finals dels 90 va mostrar un ràpid canvi en la dominància, amb algunes poblacions denses de fins a 300 espècimens per 100 cm² de *B. pharaonis*, mentre que *M. minimus* es va trobar només en rares ocasions. L'establiment de camps massius de *Brachidontes* ha tingut efectes molt significants sobre la biota de l'intermareal rocós. Com que la presència d'algues està correlacionada negativament amb la presència del mitílid eritreu i està considerada un impediment per a l'establiment de les seves postlarves, un canvi en les condicions de l'hàbitat que redueixi la cobertura algal pot haver beneficiat *Brachidontes*. Succeeix que, mentre uns pocs herbívors freqüentaven les costes rocoses del sud-est del Llevant abans de l'arribada dels peixos sigànids eritreus, ara, durant la marea alta, bancs de sigànids (principalment juvenils) s'alimenten a les plataformes rocoses.

Se suggereix que els sigànids podrien haver accionat l'increment de la població del mitílid eritreu en netejar la plataforma intermareal d'algues. Alhora, el desplaçament del musclo natiu per l'eritreu, més gran i de closca més fina, pot haver canviat els models de predació de tal manera que la població del cargol natiu *Stramotina haesmastoma*, que s'ha vist que s'alimenta amb preferència de *Brachidontes*, ha incrementat molt.

Una pagellida eritrea, *Cellana rota*, va ser recol·lectada per primer cop al Mediterrani el 1961. Un estudi recent a tota la costa d'Israel ha trobat que la pagellida eritrea domina el supralitoral rocós i que a les costes més al sud ja ha reemplaçat completament la pagellida nativa. De forma semblant, l'ostra eritrea *Chama pacifica* sobrepassa en nombre el seu congènere natiu *C. gryphoides*. Els cerítids nadius del Mediterrani *Cerithium vulgatum* i *C. lividulum* abundants en aigües superficials de la costa d'Israel fins als anys 70, van ser suplantats pels cerítids eritreus *Cerithium scabridum* i *Rhinoelavis kochi*. El peix dragó *Callionymus filamentosus* va reemplaçar els cal·lionímids nadius *C. pusillus* i *C. risso* a tota la plataforma continental superior del Llevant. Les gambetes pistola eritrees *Alpheus inopinatus* i *A. audouini* són més comunes al litoral rocós de la costa sud-est del Llevant que l'espècie nativa *A. dentipes*. El llagostí natiu *Millicertus keratulus* era pescat amb freqüència pels vaixells de ròssec a la plataforma continental en fons sorrenços o de sorra fangosa, i donava suport a la pesca comercial durant els anys 50. Està a punt de desaparèixer i el seu hàbitat es veu inundat per peneïds eritreus.

Increment de les temperatures i invasors termòfils

Les darreres dècades del segle XX van veure fluctuacions tèrmiques pronunciades, "un significatiu increment de les temperatures mitjanes de les aigües" al Mediterrani (Francour et al., 1994: 523) i una preocupació cada cop més gran per la tropicalització de la seva fauna (Bianchi i Morri, 2003). Els indicadors biològics consisteixen en canvis temporals en els patrons de migració estacional, un increment simultani en el nombre de "rodamons" nadius d'aigües càlides i l'extensió dels seu rang de distribució cap al nord dels mars Tirrè i Adriàtic, alguns dels quals aparentment formen poblacions autosostingudes, i l'ampliació en la distribució de la biota termòfila invasora més enllà del sud-est de la cubeta del Llevant. De fet, l'aparició de sis espècies de peixos eritreus a l'Adriàtic va ser concurrent amb un increment de la temperatura de la superfície del mar. De forma similar, l'inici d'un significatiu increment en el nombre d'espècies invasores eritrees al sud-oest de les costes d'Anatòlia i



al sud de la costa del mar Egeu estava positivament correlacionat amb una entrada extensiva de l'aigua càlida del corrent de l'Àsia Menor. La continuació en la tendència d'escalfament tindria probablement una influència significativa en l'establiment i distribució d'espècies termòfiles. L'increment en la temperatura del mar pot canviar el conjunt d'espècies que es poden establir al Mediterrani i permetre a les espècies estenotermes d'aigües càlides (natives i invasores) expandir-se més enllà de les seves distribucions actuals. Això podria impactar sobre el conjunt de característiques poblacionals (reproducció, supervivència...) i determinar interaccions intraespecífiques que afectessin els patrons de dominància i prevalència tant de les espècies natives com de les invasores. Un conjunt de fets que proporcionarien a les invasores termòfiles un avantatge distintiu sobre la biota nativa mediterrània.

Els factors múltiples d'estrès –contaminació, eutrofització, destrucció i fragmentació de l'hàbitat, sobreexplotació dels recursos pesquers– estan implicats en una xarxa d'enllaços que han provocat la disminució en la riquesa i diversitat de l'ecosistema litoral mediterrani natiu, però és probable que el canvi climàtic sigui la causa de la seva dominació per espècies termòfiles invasores.

Bibliografia

- BIANCHI, C.N. i MORRI, C. (2003). Global sea warming and "tropicalization" of the Mediterranean Sea: biogeographic and ecological aspects. *Biogeographia*, 24: 319-327.
- BOUDOURESQUE, C.F. i VERLAQUE, M. (2002). Biological pollution in the Mediterranean Sea: invasive versus introduced macrophytes. *Marine Pollution Bulletin*, 44(1): 32-38
- FRANCOUR, P., BOUDOURESQUE, C.F., HARMELIN, J.G., HARMELIN-VIVIEN, M.L. i QUIGNARD, J.P. (1994). Are the Mediterranean waters becoming warmer? Information from biological indicators. *Marine Pollution Bulletin*, 28(9): 523-526.
- GALIL B.S. (2007). Seeing red: Alien species along the Mediterranean coast of Israel. *Aquatic Invasions*, 2(4): 281-312
- GALIL, B.S. (2008). Alien species in the Mediterranean Sea – which, when, where, why? *Hydrobiologia*, 606(1): 105-116.
- GARDINER, J.S. (1924). The biology of the Suez Canal. *Nature*, 114: 520-521
- GRUVEL, A. (1936). *Contribution à l'étude de la bionomie générale et de l'exploitation de la faune du Canal de Suez*. Mémoires de l'Institut d'Égypte, 29: 1-229
- OLIVERIO, M. i TAVIANI, M. (2003). The Eastern Mediterranean Sea: tropical invasions and niche opportunities in a "Godot Basin". *Biogeographia*, 24: 313-327
- POR, F.D. (1978). *Lessepsian Migration – the influx of Red Sea Biota into the Mediterranean by way of the Suez Canal*. Ecological Studies vol. 23, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.
- STEINITZ, H. (1970). *A critical List of Immigrants via the Suez Canal. Biota of the Red Sea and Eastern Mediterranean*, pp. 59-63. [fotocopia].
- STEINITZ, W. (1919). *Memorial on the founding of a sea-station on the coast of Palestine for zoological investigations*. Manuscript. 16 pp.

