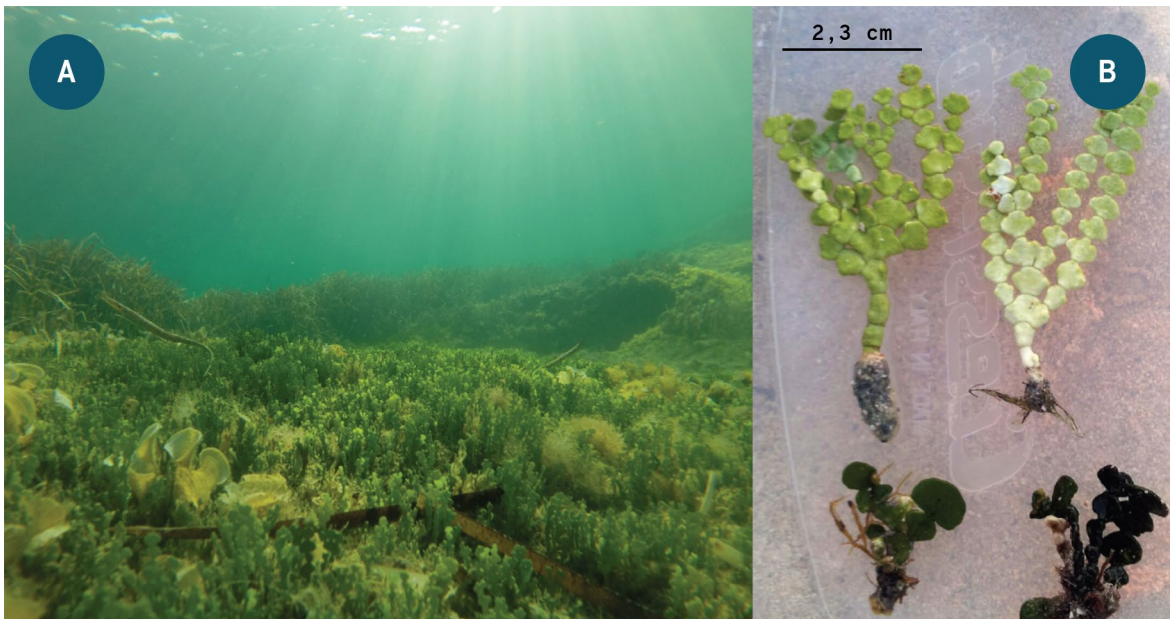


En l'elaboració d'aquest capítol han participat:  
Raquel Vaquer-Sunyer, Natalia Barrientos, Fiona Tomàs, Antoni Vivó i Josep Alós.

# Àrea colonitzada per l'alga invasora *Halimeda incrassata*

L'escalfament global propicia la colonització de la mar Mediterrània per part d'espècies d'origen tropical i subtropical. Aquest fenomen es coneix com a *tropicalització* de la Mediterrània.<sup>1</sup> La tropicalització du associat un canvi en la distribució de les espècies, en la biodiversitat i en el funcionament dels ecosistemes. Una d'aquestes espècies tropicals que s'ha establert aquests darrers anys en aigües de la Mediterrània és la macroalga invasora *Halimeda incrassata*.



**Figura 1.** A. Fotografia d'un fons colonitzat per l'espècie invasora *Halimeda incrassata*. B. Individus de l'espècie invasora *Halimeda incrassata* (part superior) comparats amb l'espècie nativa *H. tuna* (part inferior). FONT: Fiona Tomàs (A) i Laura Royo (B).

La macroalga *Halimeda incrassata* (*Bryopsidales*, *Chlorophyta*) és una alga verda calcària tropical (figures 1 i 2). L'any 2011 es va localitzar per primera vegada a les Illes Balears, en concret dins la Reserva Marina de la Badia de Palma.<sup>2</sup> Com que és una alga calcària, té el potencial de variar les condicions de les zones on s'estableix perquè és una important productora d'arena i pot canviar la morfologia de l'hàbitat.

Fer un seguiment de la variació en la distribució és essencial per poder conèixer l'estat d'invasió de l'espècie

i els possibles efectes que pot causar sobre la diversitat i les funcions dels ecosistemes que colonitza.

## METODOLOGIA

D'ençà que se'n va identificar la presència a la Reserva Marina de la Badia de Palma, investigadors de l'Institut Mediterrani d'Estudis Avançats han fet un seguiment de la seva distribució en aquesta àrea marina protegida.

## QUÈ ÉS?

La macroalga *Halimeda incrassata* (*Bryopsidales, Chlorophyta*) és una alga verda calcària tropical. L'any 2011 es va localitzar per primera vegada a les Illes Balears, dins la Reserva Marina de la Badia de Palma.

## METODOLOGIA

D'ençà que es va identificar la seva presència a la Reserva Marina de la Badia de Palma, un grup d'investigadors de l'Institut Mediterrani d'Estudis Avançats n'ha fet un seguiment. Aquest seguiment s'ha fet mitjançant videocàmeres submarines en una àrea d'estudi de 6,4 km<sup>2</sup>, fondejades cada mes d'agost entre els anys 2011 i 2018. Aquests vídeos es varen analitzar i es va determinar la presència o l'absència de la macroalga *Halimeda incrassata* a cada punt geogràfic avaluat. La seva distribució i àrea colonitzada es varen estimar emprant eines d'anàlisi espacial, per interpolació lineal convencional basada en una malla de cel·les de 50 x 50 metres per predir la seva presència o l'absència a l'àrea d'estudi.

## RESULTATS

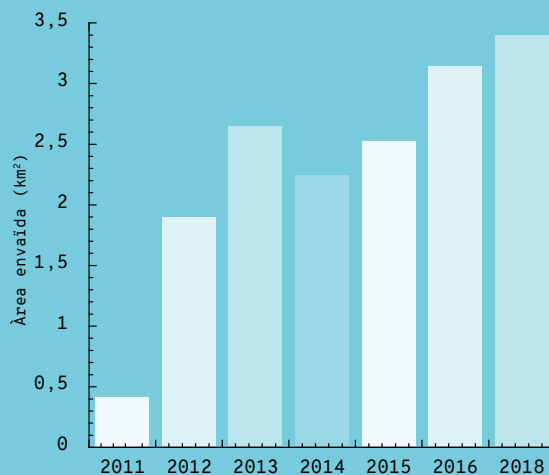
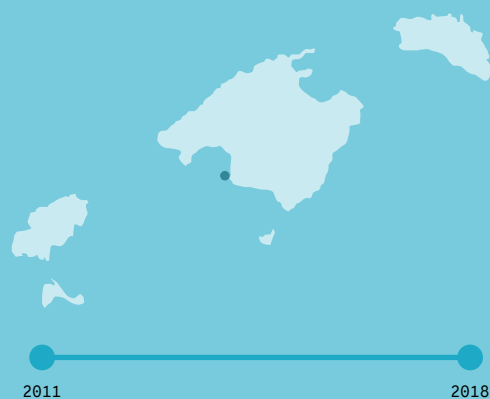
La macroalga invasora *Halimeda incrassata* està colonitzant ràpidament la zona arenosa de la Reserva Marina de la Badia de Palma. L'any 2011, l'àrea colonitzada era de 0,41 km<sup>2</sup>, xifra que representava un 6,25 % de l'àrea d'estudi, mentre que l'any 2018 ja era de 3,4 km<sup>2</sup> (el 52,5 % de l'àrea avaluada). Això representa un increment de 8 vegades en 7 anys.

## PER QUÈ?

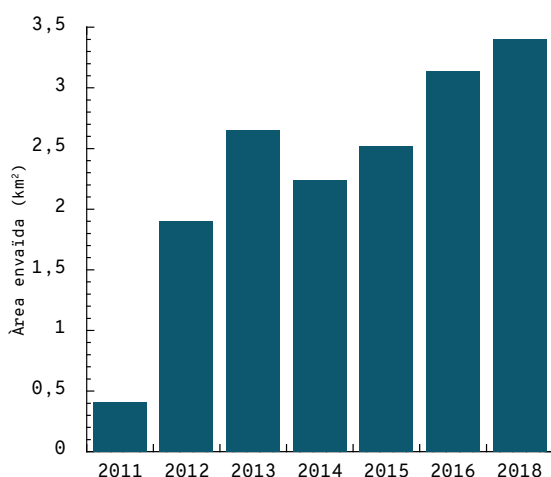
L'escalfament global propicia la colonització de la mar Mediterrània per part d'espècies d'origen tropical i subtropical, un fenomen conegut com a *tropicalització* de la Mediterrània. La tropicalització du associat un canvi en la distribució de les espècies, en la biodiversitat i en el funcionament dels ecosistemes.

Fer un seguiment de la variació en la seva distribució és essencial per poder saber quin és l'estat d'invasió de l'espècie i els possibles efectes que pot causar sobre la diversitat i les funcions dels ecosistemes que colonitza.

## LOCALITZACIÓ



Àrea colonitzada per la macroalga invasora *Halimeda incrassata* dins la Reserva Marina de la Badia de Palma entre els anys 2011 i 2018.



**Figura 2.** Àrea colonitzada per la macroalga invasora *Halimeda incrassata* dins la Reserva Marina de la Badia de Palma en els diversos anys d'estudi (entre 2011 i 2018). FONT: Vivó.<sup>3</sup>

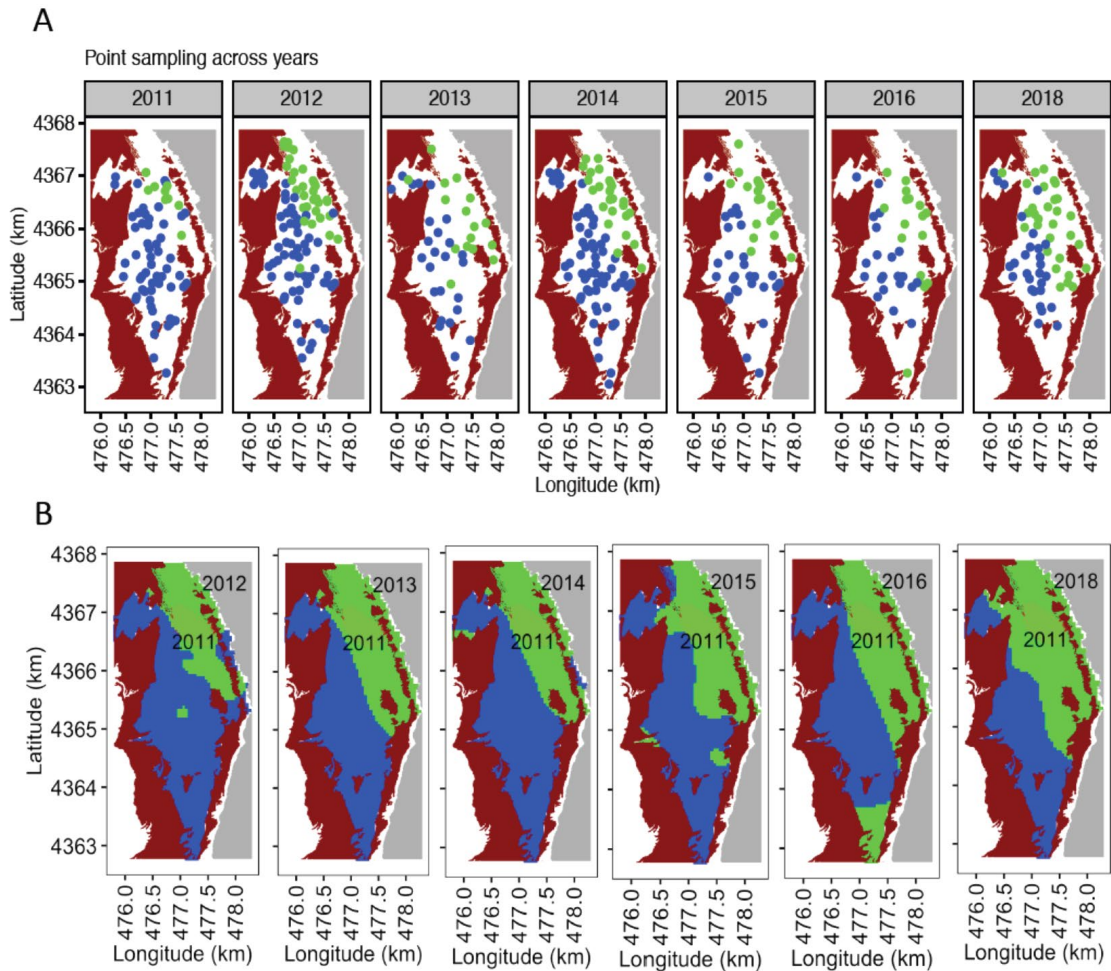
El seguiment ha consistit a fondejar càmeres submarines en una àrea d'estudi de 6,4 km<sup>2</sup>. Les càmeres de vídeo es varen fondejar cada mes d'agost entre els anys 2011 i 2018 en un nombre diferent de punts geogràfics aleatoris dins la zona d'estudi. Aquests vídeos es varen analitzar i es va determinar la presència o l'absència de la macroalga *Halimeda incrassata* a cada punt geogràfic avaluat. La distribució de la macroalga i la seva àrea colonitzada es va estimar emprant eines d'anàlisi espacial. Es va emprar interpolació lineal convencional basada en una malla de cel·les de 50 x 50 metres per predir la presència o l'absència d'aquesta espècie invasora a l'àrea d'estudi. Per poder avaluar l'àrea colonitzada mitjançant interpolació lineal, és un requisit que les dades estiguin autocorrelacionades espacialment, i per comprovar-ho es va estimar l'autocorrelació espacial de les dades emprant l'índex d'autocorrelació I de Moran. Els resultats varen demostrar que les dades estaven espacialment autocorrelacionades. Les anàlisis es varen dur a terme emprant el programa R (R core Team 2015).<sup>2, 3</sup>

## RESULTATS

Quan es va fer el primer seguiment, l'any 2011, l'àrea colonitzada per *Halimeda incrassata* era de 0,41 km<sup>2</sup>, xifra que representava un 6,25 % de l'àrea d'estudi (figura 2 i Alós *et al.*, 2016). L'any 2018 aquesta àrea s'havia incrementat fins als 3,4 km<sup>2</sup> (el 52,5 % de l'àrea avaluada).<sup>3</sup>

Aquesta espècie ha colonitzat ràpidament els fons arenosos, amb preferència per arenos fines, de la zona d'estudi. Entre els anys 2011 i 2015 va augmentar gairebé 7 vegades la seva àrea de distribució (un augment de 6,75 vegades en 4 anys);<sup>2</sup> mentre que entre els anys 2011 i 2018 aquest increment ha estat de 8 vegades<sup>3</sup> (figures 2 i 3). Això mostra que els darrers anys se n'ha alentit la velocitat de dispersió.

Tot i que durant els darrers anys les noves àrees envaïdes dins l'àrea d'estudi han augmentat a un ritme inferior, aquesta espècie invasora s'ha localitzat a diferents àrees fora de la reserva marina. Ja ha estat identificada a la zona de la Colònia de Sant de



**Figura 3.** A. Punts de mostreig dels diferents anys d'estudi a la Reserva Marina de la Badia de Palma. La presència d'*Halimeda incrassata* està marcada amb punts de color verd, i l'absència, amb punts de color blau. B. Extensió ocupada per l'espècie invasora *H. incrassata* estimada mitjançant interpolació lineal per als diversos anys estudiats. FONT: Vivó.<sup>3</sup>

Jordi i dins el port de Cabrera, la qual cosa indica que té una gran capacitat de dispersió (Tomàs, comentari personal, Observadors del Mar).

### POSSIBLES IMPLICACIONS

Les espècies invasores —espècies exòtiques que s'estableixen i dispersen amb èxit en una àrea nova— poden tenir diversos impactes sobre els ecosistemes que colonitzen. Aquests impactes poden afectar la biodiversitat, la biogeoquímica i les funcions dels ecosistemes que envaeixen, i d'aquesta manera poden causar pèrdues econòmiques importants.<sup>4-6</sup>

Aquesta espècie invasora pot tenir efectes negatius, positius o neutres sobre les comunitats en què s'estableix. Fins ara hi ha pocs estudis que mostrin els efectes que la colonització d'aquesta espècie pugui provocar sobre els ecosistemes envaïts.

S'ha demostrat que la macroalga invasora *Halimeda incrassata* produeix estrès oxidatiu a una

espècie de macroalga nativa, *Dasycladus vermicularis*, mentre que no afecta la fanerògama marina *Posidonia oceanica*.<sup>7</sup> De fet, la presència de *P. oceanica* indueix estrès oxidatiu a la macroalga invasora *H. incrassata*, i possiblement això impedeix que aquesta espècie invasora colonitzi àrees on hi ha praderies de posidònia.<sup>7</sup> Per tant, el primer cas seria un exemple d'interacció negativa entre la macroalga invasora i la nativa *D. vermicularis*; mentre que el segon cas mostraria una interacció neutra amb la fanerògama *P. oceanica*, a la qual no provocaria estrès oxidatiu.

Aquesta espècie invasora també té la capacitat de variar les dinàmiques d'oxigen i carboni a les àrees que colonitza. Com que és un productor primari, aquesta espècie produeix oxigen mitjançant la fotosíntesi i en consumeix amb la respiració. El balanç entre aquestes dues taxes metabòliques afecta les dinàmiques d'oxigen de l'hàbitat que ha colonitzat. S'ha observat que a les praderies de la fanerògama marina *Cymodocea nodosa* colonitzades per *Halimeda incrassata* la

producció primària neta torna negativa amb l'augment de temperatura.<sup>8</sup> Això vol dir que el consum biològic d'oxigen és més gran que la seva producció i porta a una reducció de l'oxigen dissolt disponible en aquest ecosistema. D'altra banda, les praderies colonitzades per *H. incrassata* varen augmentar notablement la producció de diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>) en augmentar la temperatura, amb els consegüents efectes sobre l'escalfament global.<sup>8</sup>

La presència d'aquesta macroalga invasora també afecta la distribució i l'abundància de diverses espècies de peixos.<sup>3</sup> En particular, s'ha vist que el raor (*Xyrichtys novacula*), una espècie molt important per a la pesca recreativa, es veu atret per les àrees colonitzades per *Halimeda incrassata*.<sup>9</sup> El fet que la presència d'aquesta espècie invasora atregui els raors es deu probablement al fet que la macroalga afavoreix un increment de diverses espècies de crustacis<sup>10</sup> que són aliment d'aquest peix.<sup>11</sup>

## CONCLUSIONS

- La macroalga invasora *Halimeda incrassata* està colonitzant ràpidament la zona arenosa de la Reserva Marina de la Badia de Palma. L'any 2011, l'àrea colonitzada era de 0,41 km<sup>2</sup>, xifra que representava un 6,25 % de l'àrea d'estudi, mentre que l'any 2018 ja era de 3,4 km<sup>2</sup> (el 52,5 % de l'àrea avaluada). Això representa un increment de 8 vegades en 7 anys.
- Seria convenient continuar fent el seguiment de l'evolució de la colonització d'aquesta espècie invasora i ampliar-ne l'àrea.
- Una altra mesura que ens podria ajudar a tenir una visió més global sobre els possibles efectes d'aquesta espècie invasora seria ampliar el nombre d'estudis sobre els efectes i les interaccions que produeix aquesta macroalga invasora sobre les espècies i les comunitats natives i sobre els cicles biogeoquímics dels hàbitats que colonitza. S'ha comprovat que la presència d'*Halimeda incrassata* fa disminuir la producció primària neta quan augmenta la temperatura.

## REFERÈNCIES

- <sup>1</sup> BIANCHI, C. M.; MORRI, C. (2003). «Global sea warming and "tropicalization" of the Mediterranean Sea: biogeographic and ecological aspects». *Biogeographia*, 24, 319-327.
- <sup>2</sup> ALÓS, J. *et al.* (2016). «Fast-spreading green beds of recently introduced *Halimeda incrassata* invade Mallorca island (NW Mediterranean Sea)». *Marine Ecology Progress Series*, 558, 153-158. DOI: 10.3354/meps11869.
- <sup>3</sup> VIVÓ, A. (2019). «Dispersion and effect on native fish communities by the invasive seaweed *Halimeda incrassata*». Palma: Universitat de les Illes Balears. [Treball de fi de màster].
- <sup>4</sup> ANTON, A. *et al.* (2019). «Global ecological impacts of marine exotic species». *Nature Ecology & Evolution*, 3, 787-800. DOI: 10.1038/s41559-019-0851-0.
- <sup>5</sup> BAX, N. *et al.* (2003). «Marine invasive alien species: a threat to global biodiversity». *Marine Policy*, 27, 313-323. DOI: 10.1016/s0308-597x(03)00041-1.
- <sup>6</sup> CATFORD, J. A.; BODE, M.; TILMAN, D. (2018). «Introduced species that overcome life history tradeoffs can cause native extinctions». *Nature Communications*, 9. DOI: 10.1038/s41467-018-04491-3.
- <sup>7</sup> SUREDA, A. *et al.* (2017). «Oxidative stress response in the seagrass *Posidonia oceanica* and the seaweed *Dasycladus vermicularis* associated to the invasive tropical green seaweed *Halimeda incrassata*». *Science of the Total Environment*, 601, 918-925. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.05.261.
- <sup>8</sup> BARCONS, J. (2017). «Efectos del aumento de la temperatura sobre el metabolismo de praderas de *Cymodocea nodosa* afectadas por la macroalga invasora *Halimeda incrassata*». Palma: Universitat de les Illes Balears. [Treball de fi de màster].
- <sup>9</sup> ALÓS, J. *et al.* (2018). «Spatial distribution shifts in two temperate fish species associated to a newly-introduced tropical seaweed invasion». *Biological Invasions*, 20, 3193-3205. DOI: 10.1007/s10530-018-1768-2.
- <sup>10</sup> ZABARTE, I. (2017). «Estudio de la mesofauna en fondos arenosos y de *Halimeda incrassata* (Chlorophyta, Bryopsidales) del Cap Enderrocat, Mallorca». La Corunya: Universidade da Coruña. [Treball de fi de màster].
- <sup>11</sup> CASTRIOTA, L.; GRAZIA FINOIA, M.; ANDALORO, F. (2005). «Trophic interactions between *Xyrichtys novacula* (Labridae) and juvenile *Pagrus pagrus* (Sparidae) in the central Mediterranean Sea». *Electronic Journal of Ichthyology*, 1, 54-60

## CITAR COM

VAQUER-SUNYER, R.; BARRIENTOS, N.; TOMAS, F.; VIVÓ, A.; ALÓS, J. (2020). «Àrea envaïda per *Halimeda incrassata*». A: Vaquer-Sunyer, R.; Barrientos, N. (ed.). *Informe Mar Balear 2020* <[https://www.informemarbalear.org/ca/pressions/imb-halimeda-incrassata-cat\\_2020.pdf](https://www.informemarbalear.org/ca/pressions/imb-halimeda-incrassata-cat_2020.pdf)>.