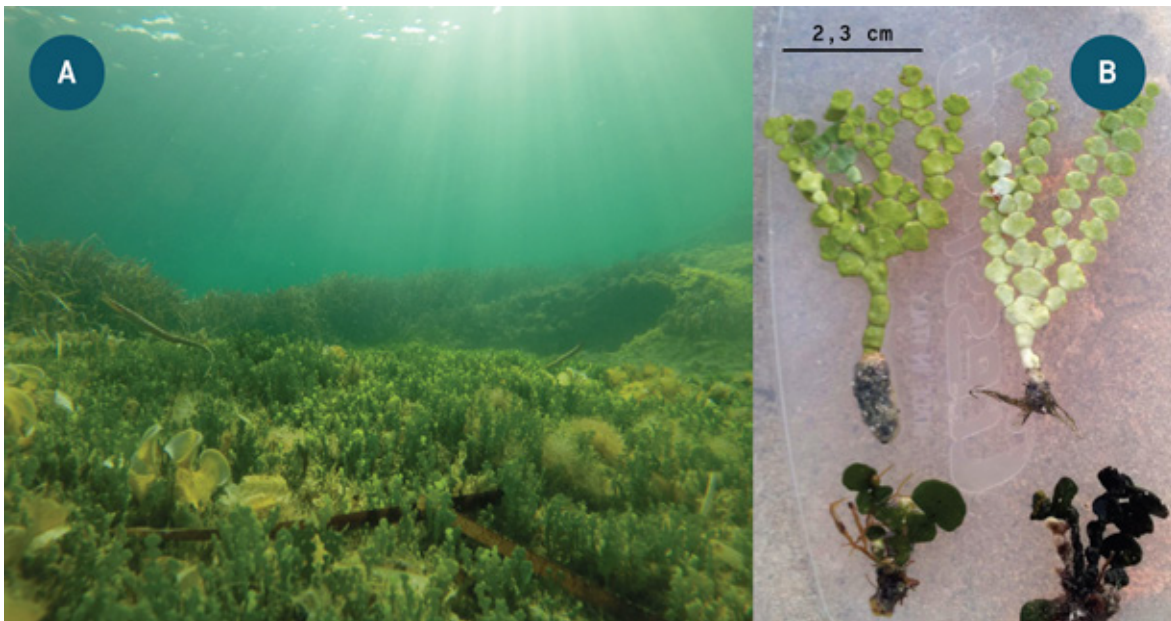


En la elaboración de este capítulo han participado:  
Raquel Vaquer-Sunyer, Natalia Barrientos, Fiona Tomàs, Antoni Vivó i Josep Alós.

# Área colonizada por el alga invasora *Halimeda incrassata*

El calentamiento global propicia la colonización del mar Mediterráneo por parte de especies de origen tropical y subtropical. Este fenómeno se conoce como tropicalización del Mediterráneo.<sup>1</sup> La tropicalización lleva asociado un cambio en la distribución de las especies, en la biodiversidad y en el funcionamiento de los ecosistemas. Una de las especies tropicales que se ha establecido en estos últimos años en aguas del Mediterráneo es la macroalga invasora *Halimeda incrassata*.



**Figura 1.** A. Fotografía de un fondo colonizado por la especie invasora *Halimeda incrassata*. B. Individuos de la especie invasora *Halimeda incrassata* (parte superior) comparados con la especie nativa *H. tuna* (parte inferior). FUENTE: Fiona Tomàs (A) y Laura Royo (B).

La macroalga *Halimeda incrassata* (Bryopsidales, Chlorophyta) es un alga verde calcárea tropical (figuras 1 y 2). En 2011 se localizó por primera vez en las Islas Baleares, concretamente dentro de la Reserva Marina de la Bahía de Palma.<sup>2</sup> Puesto que se trata de un alga calcárea, tiene el potencial de variar las condiciones de las zonas donde se establece porque es una importante productora de arena y puede cambiar la morfología del hábitat.

Realizar un seguimiento de la variación en la distribución resulta esencial para poder conocer el esta-

do de invasión de la especie y los posibles efectos que puede causar sobre la diversidad y las funciones de los ecosistemas que coloniza.

## METODOLOGÍA

Desde que se identificó su presencia en la Reserva Marina de la Bahía de Palma, investigadores del Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (IMEDEA) han realizado un seguimiento de su distribución en esta área marina protegida.

### ¿QUÉ ES?

La macroalga *Halimeda incrassata* (*Bryopsidales, Chlorophyta*) es un alga verde calcárea tropical. En el año 2011 se localizó por primera vez en las Islas Baleares, dentro de la Reserva Marina de la Bahía de Palma.

### METODOLOGÍA

Desde que se identificó su presencia en la Reserva Marina de la Bahía de Palma, un grupo de investigadores del Institut Mediterrani d'Estudis Avançats han realizado su seguimiento. Dicho seguimiento se ha llevado a cabo mediante videocámaras submarinas en un área de estudio de 6,4 km<sup>2</sup>, fondeadas cada mes de agosto entre los años 2011 y 2018. Los videos se analizaron y se determinó la presencia o la ausencia de la macroalga *Halimeda incrassata* en cada punto geográfico evaluado. Su distribución y área colonizada se estimaron empleando herramientas de análisis espacial, por interpolación lineal convencional basada en una malla de celdas de 50 x 50 metros para predecir su presencia o ausencia en el área de estudio.

### RESULTADOS

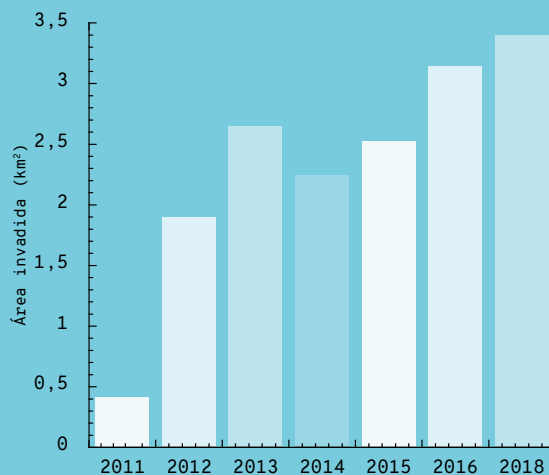
La macroalga invasora *Halimeda incrassata* está colonizando rápidamente la zona arenosa de la Reserva Marina de la Bahía de Palma. En el año 2011, el área colonizada era de 0,41 km<sup>2</sup>, cifra que representaba un 6,25 % del área de estudio, mientras que en el año 2018 ya era de 3,4 km<sup>2</sup> (el 52,5 % del área evaluada). Ello representa un incremento de 8 veces en 7 años.

### ¿POR QUÉ?

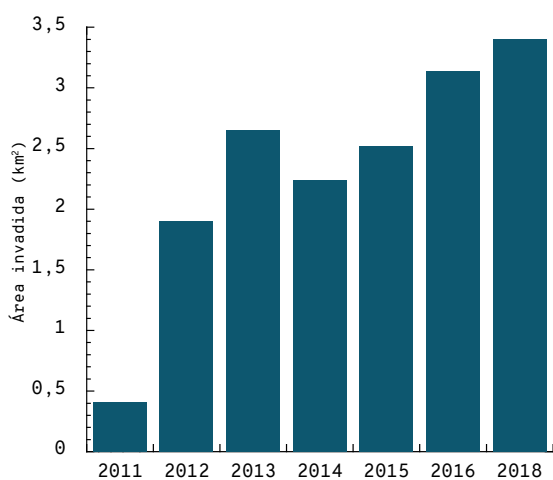
El calentamiento global propicia la colonización del mar Mediterráneo por parte de especies de origen tropical y subtropical, un fenómeno conocido como tropicalización del Mediterráneo. La tropicalización conlleva un cambio en la distribución de las especies, en la biodiversidad y en el funcionamiento de los ecosistemas.

Realizar un seguimiento de la variación en su distribución resulta esencial para poder saber cuál es el estado de invasión de la especie y los posibles efectos que puede causar sobre la diversidad y las funciones de los ecosistemas que coloniza.

### LOCALIZACIÓN



Área colonizada por la macroalga invasora *Halimeda incrassata* dentro de la Reserva Marina de la Bahía de Palma entre los años 2011 y 2018.



**Figura 2.** Área colonizada por la macroalga invasora *Halimeda incrassata* dentro de la Reserva Marina de la Bahía de Palma en los diversos años de estudio (entre 2011 y 2018). FUENTE: Vivó.<sup>3</sup>

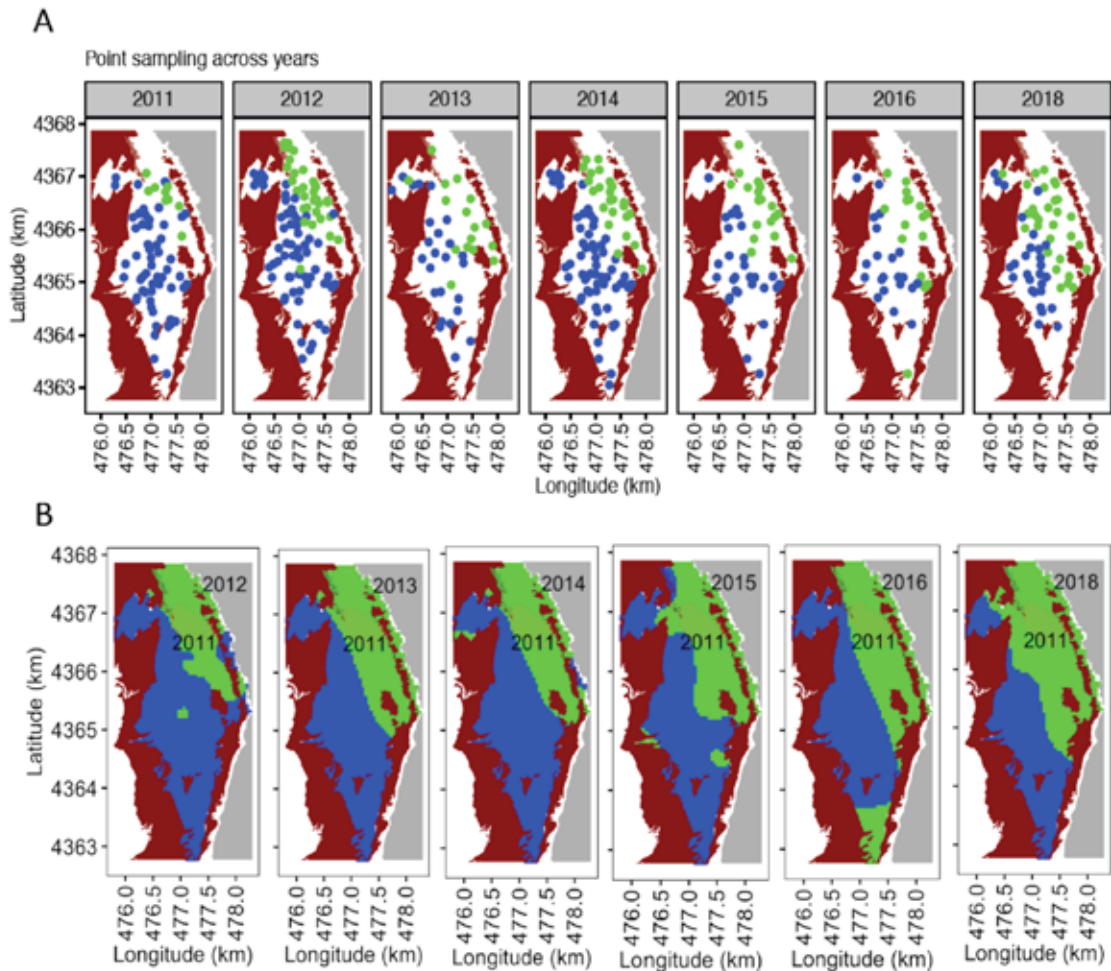
El seguimiento ha consistido en fondear cámaras submarinas en un área de estudio de 6,4 km<sup>2</sup>. Las cámaras de vídeo se fondearon cada mes de agosto entre los años 2011 y 2018 en un número diferente de puntos geográficos aleatorios dentro de la zona de estudio. Estos vídeos se realizaron y se determinó la presencia o la ausencia de la macroalga *Halimeda incrassata* en cada punto geográfico evaluado. La distribución de la macroalga y su área colonizada se estimó empleando herramientas de análisis espacial. Se utilizó la interpolación lineal convencional basada en una malla de celdas de 50 x 50 metros para predecir la presencia o la ausencia de esta especie invasora en el área de estudio. Para poder evaluar el área colonizada mediante interpolación lineal, es un requisito que los datos estén autocorrelacionados espacialmente, y para comprobarlo se estimó la autocorrelación espacial de los datos empleando el índice de autocorrelación I de Moran. Los resultados demostraron que los datos estaban espacialmente autocorrelacionados. Los análisis se llevaron a cabo empleando el programa R (R Core Team 2015).<sup>2,3</sup>

## RESULTADOS

Cuando se realizó el primer seguimiento, en el año 2011, el área colonizada por *Halimeda incrassata* era de 0,41 km<sup>2</sup>, cifra que representaba un 6,25 % del área de estudio (Figura 2 y Alós *et al.*, 2016). En el año 2018 esta área se había incrementado hasta los 3,4 km<sup>2</sup> (el 52,5 % del área evaluada).<sup>3</sup>

Esta especie ha colonizado rápidamente los fondos arenosos, con preferencia por arenas finas, de la zona de estudio. Entre los años 2011 y 2015 aumentó casi 7 veces su área de distribución (un aumento de 6,75 veces en 4 años);<sup>2</sup> mientras que entre los años 2011 y 2018 este incremento ha sido de 8 veces<sup>3</sup> (figuras 2 y 3). Ello demuestra que en los últimos años se ha moderado la velocidad de dispersión.

Aunque durante los últimos años las nuevas áreas invadidas dentro del área de estudio han aumentado a un ritmo inferior, esta especie invasora se ha localizado en diferentes áreas fuera de la reserva marina. Ya ha sido identificada en la zona de la



**Figura 3.** A. Puntos de muestreo de los diferentes años de estudio en la Reserva Marina de la Bahía de Palma. La presencia de *Halimeda incrassata* está marcada con puntos de color verde, y la ausencia, con puntos de color azul. B. Extensión ocupada por la especie invasora *H. incrassata* estimada mediante interpolación lineal para los diversos años estudiados. FUENTE: Vivó.<sup>3</sup>

Colònia de Sant de Jordi y dentro del puerto de Cabrera, lo cual indica que tiene una gran capacidad de dispersión (Tomàs, comentario personal, Observadores del Mar).

#### POSIBLES IMPLICACIONES

Las especies invasoras —especies exóticas que se establecen y dispersan con éxito en una nueva área— pueden tener diversos impactos sobre los ecosistemas que colonizan. Estos impactos pueden afectar la biodiversidad, la biogeoquímica y las funciones de los ecosistemas que invaden, y de esta manera pueden causar pérdidas económicas importantes.<sup>4-6</sup>

Esta especie invasora puede tener efectos negativos, positivos o neutros sobre las comunidades en las que se establece. Hasta ahora existen pocos estudios que muestren los efectos que la colonización de esta especie pueda provocar sobre los ecosistemas invadidos.

Se ha demostrado que la macroalga invasora *Halimeda incrassata* produce estrés oxidativo a una especie de macroalga nativa, *Dasycladus vermicularis*, mientras que no afecta a la fanerógama marina *Posidonia oceanica*.<sup>7</sup> De hecho, la presencia de *P. oceanica* induce estrés oxidativo a la macroalga invasora *H. incrassata*, y posiblemente ello impide que esta especie invasora colonice áreas donde hay praderas de posidonia.<sup>7</sup> Por tanto, el primer caso sería un ejemplo de interacción negativa entre la macroalga invasora y la nativa *D. vermicularis*; mientras que el segundo caso mostraría una interacción neutra con la fanerógama *P. oceanica*, a la que no provocaría estrés oxidativo.

Esta especie invasora también tiene la capacidad de variar las dinámicas de oxígeno y carbono en las áreas que coloniza. Puesto que se trata de un productor primario, esta especie produce oxígeno mediante la fotosíntesis y lo consume con la respiración. El balance entre estas dos tasas metabólicas afecta a las dinámicas de oxígeno del hábitat que ha colonizado. Se ha observado que en las praderas de la

fanerógama marina *Cymodocea nodosa* colonizadas por *Halimeda incrassata* la producción primaria neta se torna negativa con el aumento de temperatura.<sup>8</sup> Ello significa que el consumo biológico de oxígeno es mayor que su producción y lleva a una reducción del oxígeno disuelto disponible en este ecosistema. Por otro lado, las praderas colonizadas por *H. incrassata* aumentaron notablemente la producción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) al aumentar la temperatura, con los consiguientes efectos sobre el calentamiento global.<sup>8</sup>

La presencia de esta macroalga invasora también afecta a la distribución y la abundancia de diversas especies de peces.<sup>3</sup> En particular, se ha visto que el raor (galán o lorito) (*Xyrichtys novacula*), una especie muy importante para la pesca recreativa, se siente atraído por las áreas colonizadas por *Halimeda incrassata*.<sup>9</sup> El hecho de que la presencia de esta especie invasora atraiga a los raors (galanes) se debe probablemente a que la macroalga favorece un incremento de diversas especies de crustáceos<sup>10</sup> que sirven de alimento a este pez.<sup>11</sup>

## CONCLUSIONES

- La macroalga invasora *Halimeda incrassata* está colonizando rápidamente la zona arenosa de la Reserva Marina de la Bahía de Palma. En el año 2011, el área colonizada era de 0,41 km<sup>2</sup>, cifra que representaba un 6,25 % del área de estudio, mientras que en el año 2018 ya era de 3,4 km<sup>2</sup> (el 52,5 % del área evaluada). Ello representa un incremento de 8 veces en 7 años.
- Sería conveniente continuar realizando el seguimiento de la evolución de la colonización de esta especie invasora y ampliar el área.
- Otra medida que nos podría ayudar a tener una visión más global sobre los posibles efectos de esta especie invasora sería ampliar el número de estudios sobre los efectos y las interacciones que produce sobre las especies y las comunidades nativas y sobre los ciclos biogeoquímicos de los hábitats que coloniza. Se ha comprobado que la presencia de *Halimeda incrassata* hace disminuir la producción primaria neta cuando aumenta la temperatura.

## REFERENCIAS

- <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. [Trabajo de fin de máster].
- <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. [Trabajo de fin de máster].
- <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 Enderroc, Mallorca». La Coruña: Universidade da Coruña. [Trabajo de fin de máster].
- <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 COMO

VAQUER-SUNYER, R.; BARRIENTOS, N.; TOMAS, F.; VIVÓ, A.; ALÓS, J. (2020). «Área colonizada por *Halimeda incrassata*». En: Vaquer-Sunyer, R.; Barrientos, N. (ed.). *Informe Mar Balear 2020* <<https://informemarbalear.org/es/presiones/imb-halimeda-incrassata-esp.pdf>>.