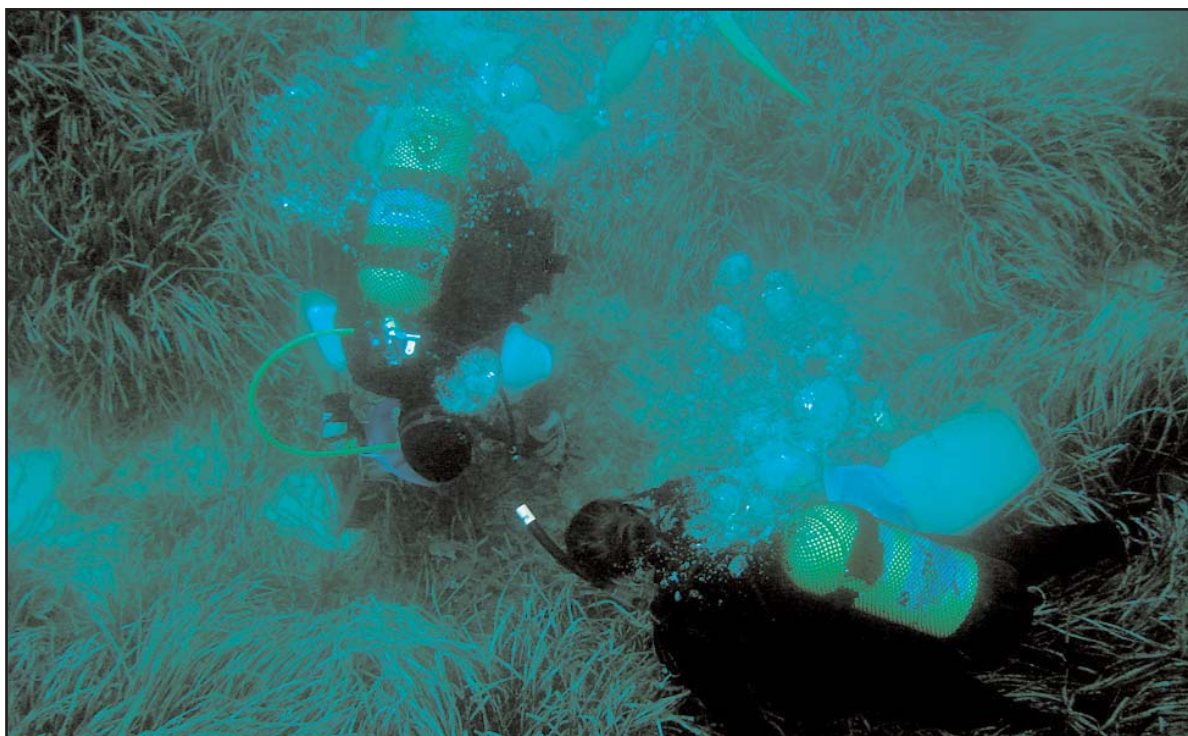


# Biólogos del IMEDEA (CSIC-UIB) investigan la expansión de las especies invasoras de *Caulerpa* del Mediterráneo

*Caulerpa racemosa* crece con tasas de más de un centímetro diario, casi cinco veces más que *C. taxifolia*, a pesar de sólo hacerlo estacionalmente

PALABRAS CLAVE:  
*Caulerpa taxifolia*,  
*C. racemosa*, *C. prolifera*,  
crecimiento clonal,  
producción,  
diversidad genética,  
comunidades,  
fauna, cadena  
trófica

KEYWORDS:  
*Caulerpa taxifolia*,  
*C. racemosa*, *C. prolifera*,  
clonal  
growth, production,  
genetic diversity,  
communities, fauna,  
trófic chain



## Resumen

Desarrollar modelos predictivos del crecimiento vegetativo y de la expansión espacial de las especies invasoras *Caulerpa taxifolia* y *Caulerpa racemosa*, y de la especie autóctona *Caulerpa prolifera* en el Mediterráneo español; así como cuantificar la producción primaria de las praderas que forman estas especies, explorar su destino en la cadena trófica y analizar los cambios en ésta generados por la invasión de *C. taxifolia* y *C. racemosa* son los objetivos esenciales del proyecto de investigación que llevan a

cabo los doctores Núria Marbà, Jorge Terrados, Salud Deudero, investigadores, y Toni Box, estudiante de doctorado, del Grupo de Oceanografía Interdisciplinar del Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (CSIC-UIB).

Los resultados de estos estudios ayudaran a definir medidas de gestión eficaces para controlar la expansión de las especies invasoras de *Caulerpa* en el litoral mediterráneo español.

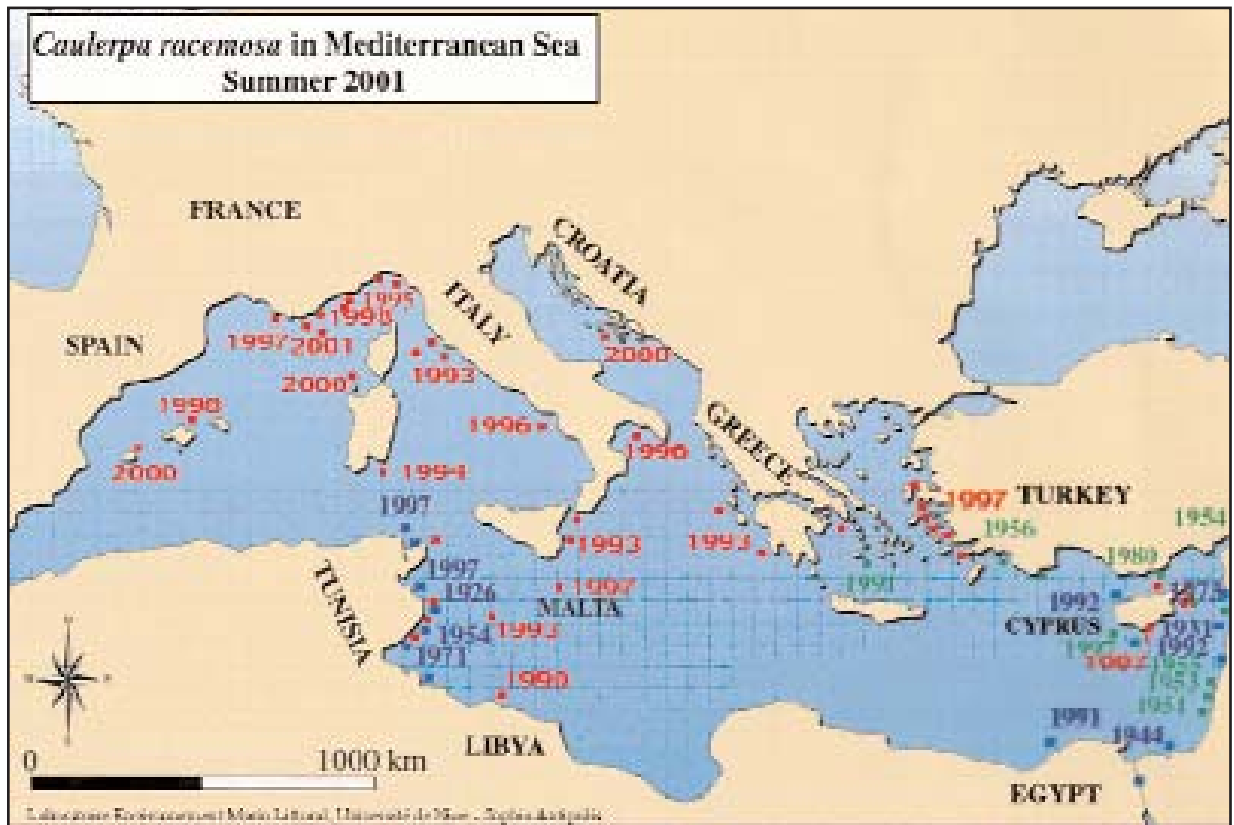


Figura 1. Estudios recientes sugieren que la variedad de *C. racemosa* que presenta un comportamiento muy invasor en el Mediterráneo occidental procede del sudoeste de Australia. A partir del año 1991 la colonización de la costa hacia occidente ha sido imparable tal y como se puede apreciar en la figura. Fuente: Laboratoire Environnement Marin Littoral, Univ. Nice

### El género *Caulerpa* y las especies invasoras

El carácter invasor de las especies de *Caulerpa* es particularmente evidente en el Mediterráneo donde, junto con la especie nativa, *Caulerpa prolifera*, otras dos especies no nativas, *C. taxifolia* y *C. racemosa*, forman extensas praderas en áreas colonizadas por angiospermas marinas como *Posidonia oceanica* y *Cymodocea nodosa*, es decir sobre sustratos de arena y fango, pero también sobre roca que originariamente es ocupada por comunidades de macroalgas.

Ante las características invasoras de las dos especies no nativas de *Caulerpa* (*C. taxifolia* fue introducida en el Mediterráneo en 1984 a través de vertidos del acuario de Mónaco, y *C. racemosa* se introdujo por el Canal de Suez, pero la variedad que se comporta como invasora parece ser originaria de Australia), algunos gobiernos autonómicos, como el de las Islas Baleares, ya han elaborado programas de vigilancia y erradicación.

Esta rápida proliferación de las especies de *Caulerpa* se ha atribuido a su habilidad competitiva ante la de

las angiospermas marinas, gracias a un rápido crecimiento vegetativo y al desarrollo de praderas enteras a partir de pequeños fragmentos de planta. También se ha apuntado que son pocos los animales herbívoros que las comen y estudios recientes indican que una de sus principales ventajas sería la posibilidad de utilizar carbono orgánico para su metabolismo, una capacidad que las convertiría en extremadamente competitivas en los fondos litorales degradados con una elevada cantidad de materia orgánica. A pesar de todo lo anterior y de la alarma social a veces generada, se dispone de pocos datos sobre su tasa y mecanismos de colonización, sobre el destino de la producción de una pradera de estas especies y sobre el posible papel del metabolismo heterotrófico en esa producción.

Los investigadores centran especialmente su labor en aquellas poblaciones de las tres especies de *Caulerpa* que coexisten con la angiosperma marina *Posidonia oceanica*. Mientras que hasta el momento las investigaciones se han centrado de manera importante en medir la expansión vegetativa de las tres especies, en el futuro se centrará en la vertiente de la



competencia entre éstas y la *Posidonia* por el sustrato y la luz solar.

Aunque *Caulerpa taxifolia* es la más conocida por la población, debido a que su rápida distribución por el Mediterráneo a partir de un vertido fortuito de un acuario del Centro Oceanográfico de Mónaco tuvo un fuerte seguimiento mediático, lo cierto es que *Caulerpa racemosa*, según los primeros datos obtenidos por la investigación llevada a cabo por los doctores Marbà, Terrados y Deudero, es una especie mucho más invasora que la primera.

Recordemos que *C. taxifolia*, a pesar de ser liberada por accidente en Mónaco en 1984, registró su mayor expansión a partir de 1991. Así, en las costas mediterráneas francesas, el año 1992 ya se contabilizaban 200 hectáreas colonizadas por *C. taxifolia*. Dos años más tarde, en 1994, ya alcanzaba las 1.500 hectáreas y en 1999 ya eran más de 3.000 las hectáreas colonizadas.

En las Islas Baleares, *C. taxifolia* fue detectada en 1992 y, muy rápidamente, el gobierno autónomo puso en marcha un plan de erradicación. En 2001 se contabilizaban 63 hectáreas colonizadas por esta especie.

En cuanto a *Caulerpa racemosa*, aunque se introdujo en la cuenca mediterránea oriental a través del Canal de Suez en la década de los 30, su expansión durante los años siguientes quedó limitada a las costas de Egipto, Turquía y a algunas citas esporádicas en la costa de Túnez en los años cincuenta. Ahora bien, a partir de 1991 la colonización progresiva del litoral en dirección a occidente ha sido imparable tal y como puede apreciarse en la figura 1. Estudios recientes sugieren que esta variedad de *C. racemosa* que presenta un comportamiento muy invasor en el Mediterráneo occidental procede del sudoeste de Australia. En las Islas Baleares, una vez detectada a finales de la década de los noventa, ha colonizado una gran superficie, con presencia en Mallorca, Cabrera y Eivissa. Recientemente, esta especie ha alcanzado la costa del levante peninsular, habiéndose detectado en Alicante.

Los investigadores han comparado las tasas de crecimiento vegetativo de las tres especies del género *Caulerpa* en las Islas Baleares y, tal como señala la



*Caulerpa taxifolia*, en la imagen de arriba, presenta tasas de crecimiento en torno a los 25 milímetros diarios. En cambio, *Caulerpa racemosa*, en la imagen inferior, crece estacionalmente, en verano y en otoño, pero lo hace a velocidades superiores al centímetro por día.

doctora Núria Marbà, "*C. racemosa* es con mucha diferencia la que presenta tasas más elevadas, aunque lo haga de forma estacional, durante el verano y el otoño especialmente, y no durante todo el año. Ahora bien, cuando crece lo hace a velocidades superiores a un centímetro por día. En cambio, las tasas de crecimiento de *Caulerpa taxifolia* se sitúan en torno a los 25 milímetros al día, más inferiores por tanto".

### Un complicado y poco conocido ciclo vital

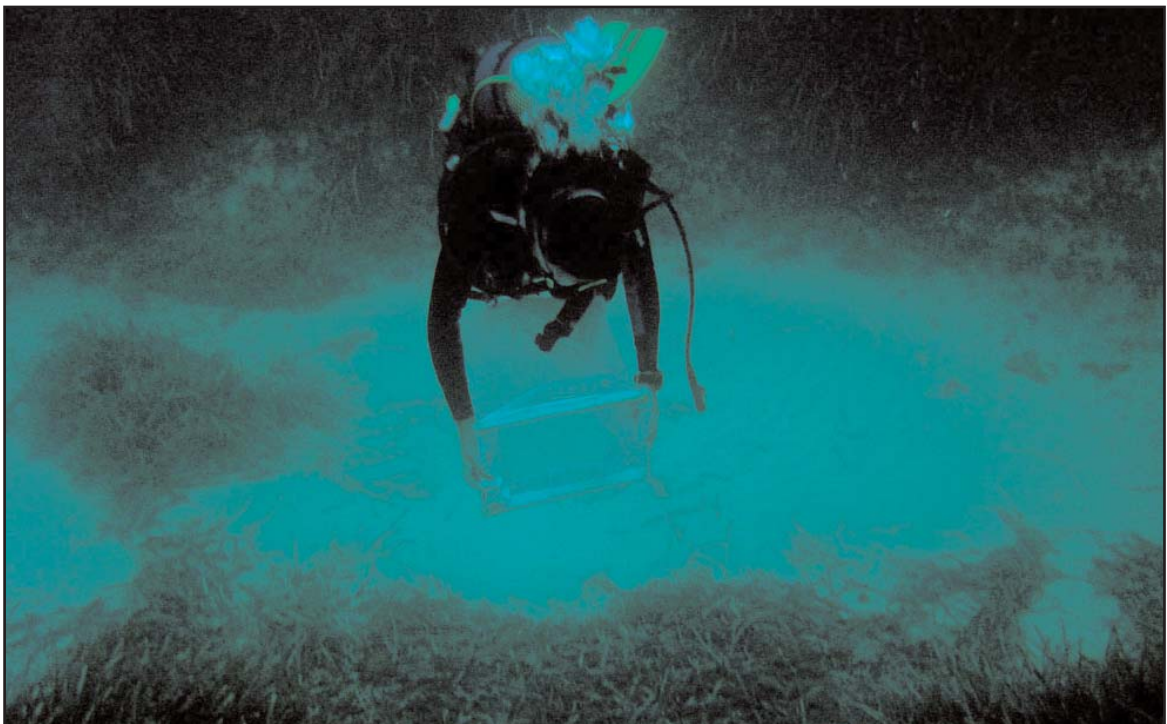
Una de las desventajas a la hora de abordar tareas de gestión ante este tipo de crecimientos exponenciales en casos como el de estos vegetales recién llegados es el desconocimiento que aun se tiene sobre su ciclo biológico en el Mediterráneo, un vacío que hace más necesarias investigaciones como la que llevan a cabo los doctores Marbà, Terrados y Deudero.

Las praderas de *Caulerpa* están formadas por clones que se inician a partir de que un cigoto o un fragmento del talo se asiente en el sustrato. El cigoto, procedente de la reproducción sexual, o el fragmento del talo, crecen y desarrollan un eje reptante (estolón) que se fija mediante una especie de raíces, los rizoides. Es a

partir de esos estolones que van emergiendo las frondes con capacidad fotosintética.

En realidad, se desconoce por ahora qué importancia tiene la reproducción sexual en la expansión y en el mantenimiento de estas praderas de *Caulerpa*. En cambio, sí se tienen evidencias de que la propagación vegetativa, a partir de fragmentos de talo que se asientan al sustrato, es muy importante. Este estudio pretende responder también a una pregunta todavía no resuelta: las diferencias observadas en las capacidades de expansión de las tres especies del género en el Mediterráneo, ¿son o no son debidas a diferencias en la viabilidad de los fragmentos del talo y en su capacidad de producir nuevos clones?

Los investigadores del IMEDEA y de la UIB han abordado en la primera fase del proyecto la cuantificación de las reglas de crecimiento clonal, es decir, la tasa de elongación de los estolones, su tasa de ramificación, el ángulo de ramificación, la longitud del estolón entre dos frondes consecutivas, la tasa de formación de estolones y la tasa de supervivencia de las frondes para cada una de las *Caulerpa* del Mediterráneo. Sólo así se podrá comprender cómo "crecen" y cómo "se expanden" estas praderas de algas y cuál o cuáles de esas reglas de crecimiento





tienen más o menos relevancia.

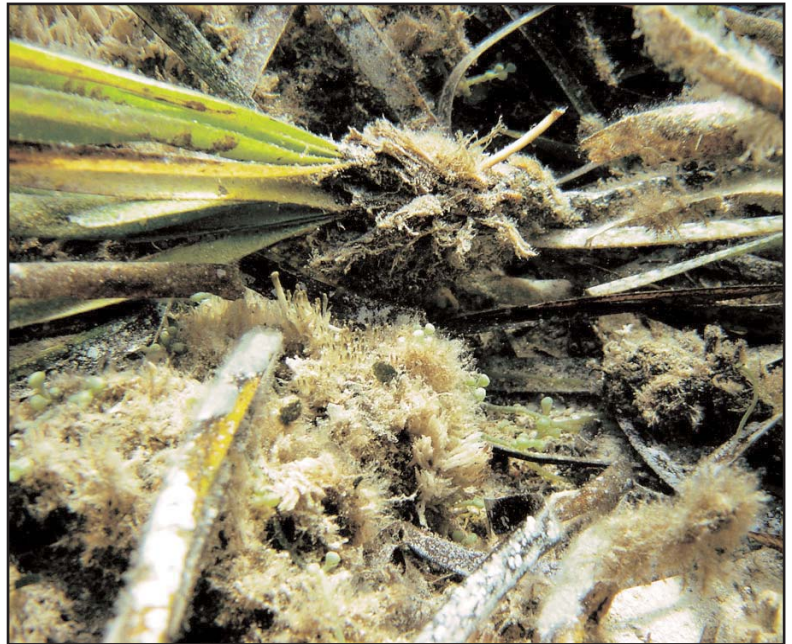
Los datos obtenidos serán incorporados a un modelo de simulación de la expansión de los clones para poder examinar la forma, el crecimiento y el tiempo de colonización mediante crecimiento vegetativo. Los investigadores del equipo están desarrollando este modelo conjuntamente con el doctor Tomàs Sintès, del Departamento de Física de la UIB.

### **La diversidad genética y los requerimientos ambientales**

Además de todo lo anterior, el equipo de biólogos del IMEDEA y la UIB investiga también las poblaciones baleares desde un punto de vista genético. Se trata de dilucidar qué grado de diversidad genética presentan las praderas de las especies de *Caulerpa* y, por tanto, disponer de un indicador sobre el número de individuos genéticamente diferentes que hay en las poblaciones. Probablemente, la contribución de la reproducción sexual en la expansión y mantenimiento de las praderas de *Caulerpa* varíe entre las especies presentes en el Mediterráneo. En el caso de *C. taxifolia* la hipótesis de partida es que la diversidad genética es relativamente baja, lo que indicaría que reproducción sexual desempeña un mínimo papel en la dispersión de la especie y que es la colonización del sustrato a partir de fragmentos de talo la principal vía de crecimiento de las praderas.

### **Hasta ahora no se había abordado en profundidad el estudio de la fauna asociada a estas praderas de *Caulerpa*, mediante muestreos correspondientes a las cuatro estaciones del año y contrastándolos con la fauna propia de *P. oceanica***

De hecho, el caso de *C. taxifolia* en las Islas Baleares abona esta hipótesis. Aunque la especie fue calificada de muy invasora, ha desaparecido en algunas zonas del litoral del archipiélago, y en las que todavía persiste coloniza superficies muy modestas. Se da la



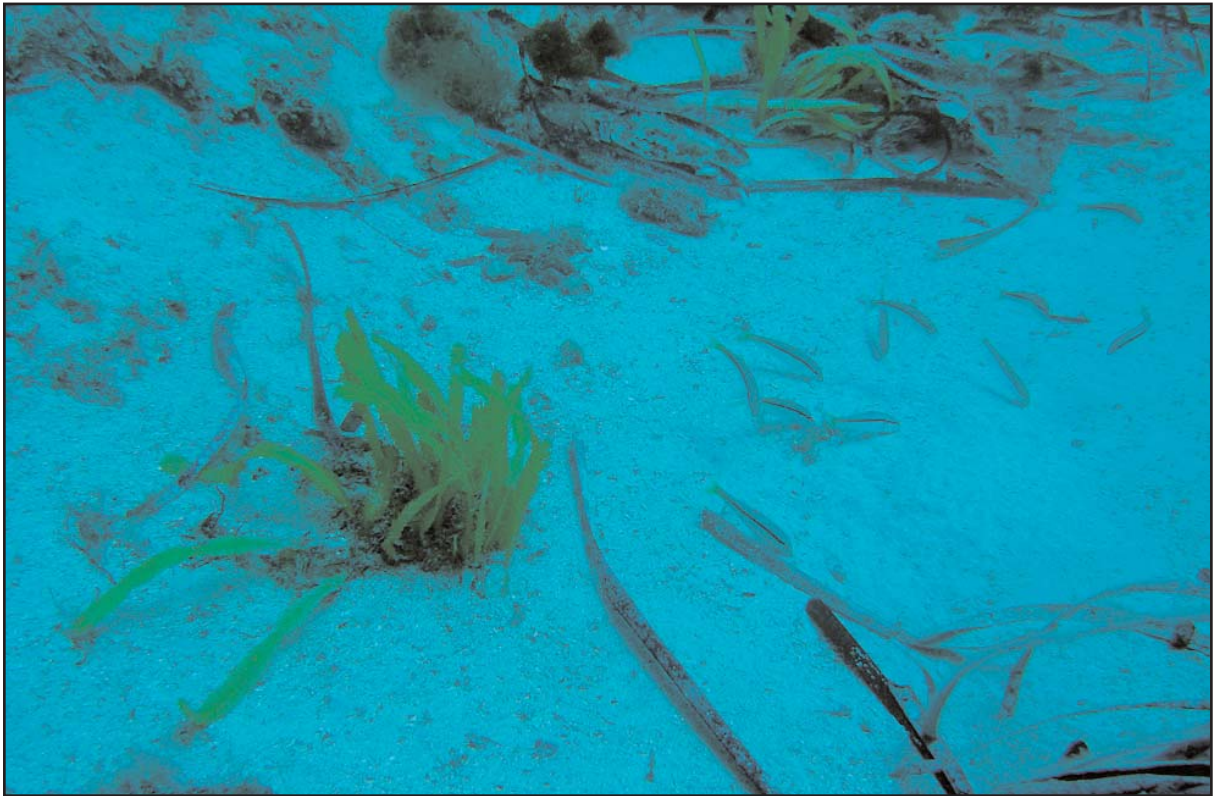
circunstancia de que se reproducido en lugares donde las praderas fueron sometidas a tratamientos de erradicación que podrían haber provocado la dispersión de pequeños fragmentos recolonizadores.

Para esclarecer si la diversidad genética es efectivamente baja en las praderas debe compararse, mediante marcadores genéticos, el ADN procedente de diferentes plantas de una misma pradera de *Caulerpa*, una labor en la que los investigadores cuentan con la colaboración de las doctoras Ester Serrao y Elena Varela, de las Universidade do Algarve (Portugal).

Además de analizar cuáles son los requerimientos de temperatura y de intensidad lumínica en el crecimiento de las tres especies, los investigadores han abordado también el estudio de los requerimientos de sustrato, analizando las propiedades del sedimento en comunidades colonizadas por las tres especies. Se mide así, el potencial redox, el porcentaje de materia orgánica y las concentraciones de sulfhídrico, amonio, nitrato y fosfato en el agua intersticial del sedimento. Uno de los aspectos más remarcables del proyecto es, en este sentido, la intención de esclarecer qué importancia tiene para el crecimiento de estas especies la adquisición de carbono por vía heterotrófica.

*El equipo de investigadores evaluará el efecto de la colonización de *Caulerpa* sobre la estructura trófica de la comunidad faunística de las praderas de *Posidonia*.*

Aunque *Caulerpa taxifolia* fue calificada como muy invasora, ha desaparecido en muchas zonas de las Islas Baleares, y en cambio ha persistido en otras, pero colonizando superficies muy modestas.



### ¿Cuál es el destino de la producción de las praderas de *Caulerpa*?

Se ha dicho a menudo que una de las ventajas de estas especies, sobretodo de las dos que no son nativas del Mediterráneo, es la práctica inexistencia de herbívoros que se alimenten de ellas. Aún así, hasta ahora no se había realizado un estudio en profundidad de la fauna asociada a estas praderas mediante muestreos correspondientes a las cuatro estaciones del año, contrastándolos con la fauna propia de *P. oceanica*.

Por una parte, el estudio esclarecerá qué especies de la macrofauna bentónica conviven con las especies de *Caulerpa*, observando las diferencias en abundancia y composición de la macrofauna del sedimento que vive en zonas colonizadas por las diferentes especies de caulerpales frente a la macrofauna asociada a *P. oceanica*. Esta información será muy importante de cara a conseguir un objetivo más significativo si cabe: saber qué especies presentan pruebas de que se alimentan de las caulerpales.

Además, se han efectuado ya estudios comparativos

entre la fauna diurna y la nocturna para poder evaluar las diferencias nictamerales en la utilización de las praderas de *Caulerpa*.

La transferencia de carbono y nitrógeno a niveles tróficos será comprobada mediante el análisis de los isótopos estables de ambos elementos, determinando las concentraciones de  $^{15}\text{N}$  y  $^{13}\text{C}$  tanto en los productores primarios (plancton, macrófitos) como en los consumidores (gasterópodos, equinodermos, peces, etc.). Así se evaluará el efecto de la colonización de *Caulerpa* sobre la estructura trófica de la comunidad faunística de las praderas de *Posidonia*.

Al mismo tiempo, y aunque ya se conoce que las especies del género *Caulerpa* sintetizan varias sustancias tóxicas, los investigadores han iniciado el estudio de las diferentes concentraciones de la más conocida de ellas, la caulerpenina, en las tres especies presentes en el Mediterráneo y, al mismo tiempo, el análisis de la macrofauna de invertebrados con el objetivo de separar las especies que presenten trazas de caulerpenina y que, por tanto, se alimentarían de las frondes de estas especies.

### Proyecto financiado

---

Título: Expansión de *Caulerpa prolifera*, *C. taxifolia* y *C. racemosa* en el Mediterráneo: dinámica clonal, producción y destino de la producción.

Acrónimo: CAULEXPAN.

Referencia: REN2002-00701/MAR

Entidad financiadora: Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Inicio: 2002. Final: 2005

### Investigadora responsable

---

Doctora Núria Marbà Bordalba

Científica titular del Consejo Superior de Investigaciones Científicas

Grup de Oceanografia Interdisciplinar

Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (IMEDEA).

Edificio "Les Escoles velles". Esporles.

Tel. 971 61 17 20

E-mail: ieanmb@clust.uib.es



De izquierda a derecha, los doctores Núria Marbà, Jorge Terrados y Salut Deudero.

### Otros miembros del equipo

---

Doctor Jorge Terrados Muñoz, científico titular del CSIC, Grup de Oceanografia Interdisciplinar del IMEDEA

Doctora Salut Deudero Company, profesora ayudante del Departamento de Biología de la UIB y miembro del Grup de Oceanografia Interdisciplinar del IMEDEA

Antoni Box, becario del Grup de Oceanografia Interdisciplinar del IMEDEA

### Comunicaciones a congresos

---

"Spatial and temporal distribution of Eunicida (Polychaeta) in *Posidonia oceanica* (L.) Delile seagrass beds colonized by *Caulerpa* spp". T.Box S.Deudero. XIII Simposio Ibérico de Estudios del Bentos Marino. Septiembre 21-24, 2004. Universitat de las Palmas de Gran Canaria, Espanya

"Assessment of diversity and structure of infaunal communities in *Posidonia oceanica* meadows colonised by *Caulerpa* species", S. Deudero, T. Box, J. Terrados N. Marbà. MARBEF Workshop on "Aquatic invasive species and the functioning of European coastal ecosystems" Gener 27-30, 2005. Alfred Wegener Institute (AWI), Island of Sylt in the North Sea, Germany