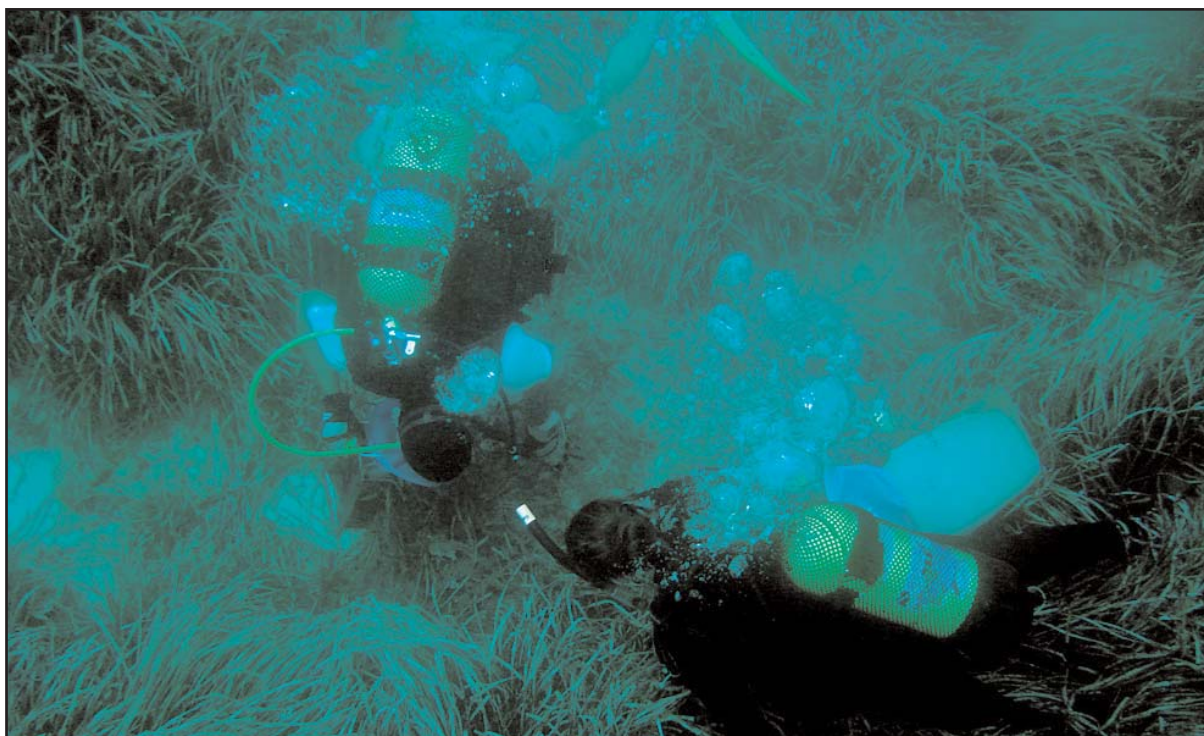


# Biòlegs de l'IMEDEA investiguen l'expansió de les espècies invasores de *Caulerpa* a la Mediterrània

*Caulerpa racemosa* creix amb taxes de més d'un centímetre diàries, quasi cinc vegades més que *C. taxifolia*, tot i que només ho fa estacionalment

PARAULES CLAU: *Caulerpa taxifolia*, *C. racemosa*, *C. prolifera*, creixement clonal, producció, diversitat genètica, comunitats, fauna, cadena tròfica

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



## Resum

Desenvolupar models predictius del creixement vegetatiu i l'expansió espacial de les espècies invasores *Caulerpa taxifolia* i *Caulerpa racemosa*, i l'espècie autòctona *Caulerpa prolifera* al Mediterrani espanyol; així com quantificar la producció primària de les praderies que formen aquestes espècies, explorar el seu destí en la cadena tròfica i analitzar els canvis en aquesta generats per la invasió de *C. taxifolia* i *C. racemosa* són els objectius essencials del projecte de recerca que duen a terme els doctors Núria Marbà,

Jorge Terrados, Salud Deudero, investigadors, i Toni Box, estudiant de doctorat, del Grup d'Oceanografia Interdisciplinària de l'Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (CSIC-UIB).

Els resultats d'aquest estudi ajudaran a definir mesures de gestió eficaces per controlar l'expansió de les espècies invasores de *Caulerpa* en el litoral mediterrani espanyol.



Figura 1. Estudis recents suggereixen que aquesta varietat de *C. racemosa* que presenta un comportament molt invasiu a la mediterrània occidental procedeix del sudoest d' Austràlia.. A partir de l'any 1991 la colonització de la costa cap a occident ha estat imparable tal com es pot apreciar a la figura. Font: Laboratoire Environnement Marine Litoral, Univ. Nice.

### El gènere *Caulerpa* i les espècies invasores

El caràcter invasor de les espècies de *Caulerpa* és particularment evident en el Mediterrani on, juntament amb l'espècie nativa, *Caulerpa prolifera*, altres dues espècies no natives, *C. taxifolia* i *C. racemosa*, formen extenses praderies en àrees colonitzades per angiospermes marines com *Posidonia oceanica* i *Cymodocea nodosa*, és a dir, sobre substrats d'arena i de fang, però també sobre roca que originàriament és ocupada per comunitats de macroalgues.

Davant les característiques invasores de les dues espècies no natives de *Caulerpa* (*C. taxifolia* va ser introduïda al Mediterrani el 1984 a través de vessaments de l'aquari de Mònaco, i *C. racemosa* s'introduí al Mediterrani pel Canal de Suez, però la varietat que es comporta com a invasora sembla que procedeix d'Austràlia), alguns governs, com el de les Illes Balears, ja han elaborat programes de vigilància i eradicació.

Aquesta ràpida proliferació de les espècies de *Caulerpa* s'ha atribuït a la seva habilitat competitiva

davant la de les angiospermes marines, gràcies a un ràpid creixement vegetatiu i al desenvolupament de praderies senceres a partir de petits fragments de planta. També s'ha apuntat que són pocs els animals herbívors que en mengen, i estudis recents indiquen que un dels avantatges d'aquestes algues seria la possibilitat d'emprar carboni orgànic per al seu metabolisme, la qual cosa les faria altament competitives en fons litorals degradats amb elevada quantitat de matèria orgànica.

Malgrat tot això i l'alarma social a voltes generada, es tenen poques dades sobre la seva taxa i els seus mecanismes de colonització, el destí de la producció d'una praderia d'aquestes espècies, i el possible paper del metabolisme heterotròfic en aquesta producció.

Els investigadors centren especialment la recerca en aquelles poblacions de les tres espècies de *Caulerpa* que coexisteixen amb l'angiosperma marina *Posidonia oceanica*. Mentre fins el moment les investigacions s'han centrat de manera important a mesurar l'expansió vegetativa de les tres espècies, en el futur la recerca se centrarà en el vessant de la competència

d'aquestes i la Posidonia pel substrat i la llum solar.

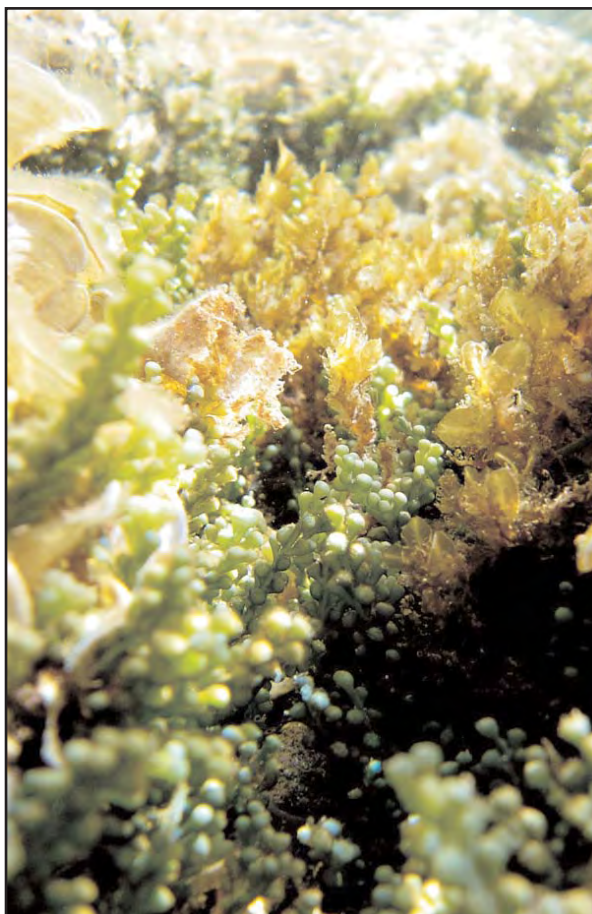
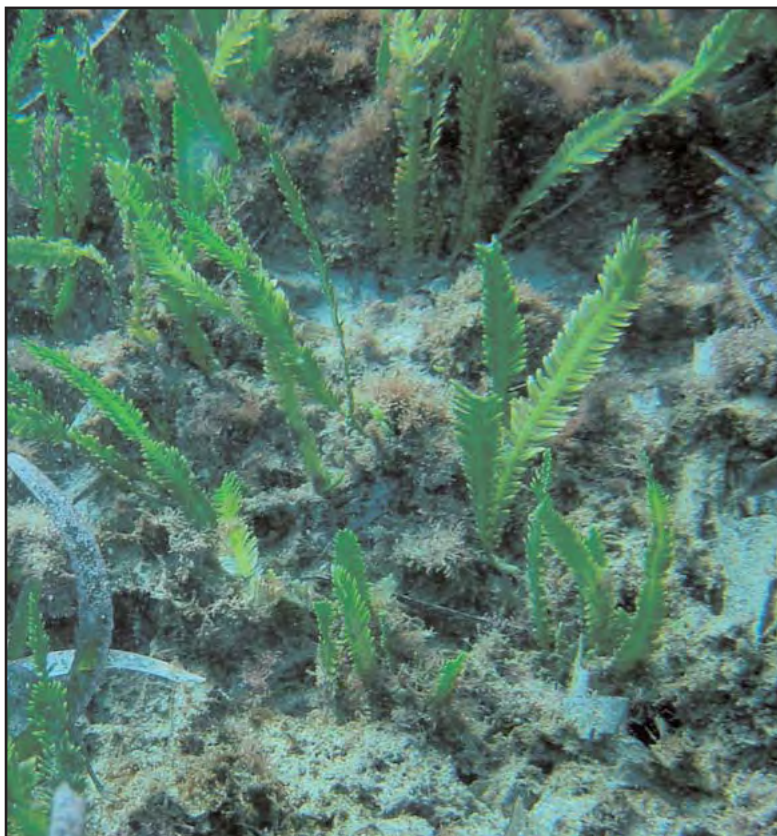
Tot i que *Caulerpa taxifolia* és la més coneguda per la població, ja que la seva ràpida distribució a la Mediterrània a partir del vessament fortuït d'un aquari del Centre Oceanogràfic de Mònaco tingué un fort ressò mediàtic, el cert és que *Caulerpa racemosa*, segons les primeres dades obtingudes per la recerca dels doctors Marbà, Terrados i Deudero, és una espècie molt més invasora que la primera.

Recordem que la *C. taxifolia* fou alliberada per accident a Mònaco l'any 1984, però va ser a partir de 1991 quan la seva expansió va ser rapidíssima. Així, a les costes mediterrànies franceses l'any 1992 ja es comptabilitzaven 200 hectàrees colonitzades per *C. taxifolia*. Aquesta xifra, dos anys més tard, el 1994, ja arribava a 1.500 hectàrees, i l'any 1999 ja eren més de 3.000.

A les Illes Balears, *C. taxifolia* fou detectada l'any 1992 i molt ràpidament el Govern autònom posà en marxa un pla d'eradicació. L'any 2001 se'n comptabilitzaven 63 hectàrees.

Quant a *Caulerpa racemosa*, tot i que s'introduí a la conca mediterrània oriental a través del Canal de Suez a la dècada dels anys trenta, la seva expansió durant els anys següents quedà limitada a les costes d'Egipte, Turquia i alguns llocs esparsos de la costa de Tunísia els anys cinquanta. Ara bé, a partir de l'any 1991 la colonització de la costa cap a occident ha estat imparable, tal com es pot apreciar a la figura 1. Estudis recents suggereixen que aquesta varietat de *C. racemosa* que presenta un comportament molt invasiu a la Mediterrània occidental procedeix del sud-oest d'Austràlia. A les Balears, una vegada arribada a finals de la dècada dels noranta, ha colonitzat una gran superfície, amb presència a Mallorca, Cabrera i Eivissa. Recentment aquesta espècie ha arribat fins a Alacant.

Els investigadors han comparat les taxes de creixement vegetatiu de les tres espècies del gènere *Caulerpa* a les Balears i, tal com assenyala la doctora Núria Marbà, "*C. racemosa* és, amb molta diferència, la que presenta taxes més elevades, tot i que creix estacionalment, durant l'estiu i la tardor especialment, i



*Caulerpa taxifolia*, a la imatge de dalt, presenta taxes de creixement d'entorn els 25 mil·límetres diaris. En canvi, *Caulerpa racemosa*, a la imatge inferior, creix estacionalment - estiu i tardor - però ho fa a velocitats superiors a un centímetre al dia.

no durant tot l'any. Ara bé, quan creix ho fa a velocitats superiors a un centímetre per dia. En canvi, les taxes de creixement de *Caulerpa taxifolia* són entorn d'uns 25 mil·límetres diaris, molt més baixes".

### Un cicle vital complicat i poc conegut

Un dels desavantatges a l'hora d'enllestir tasques de gestió davant aquest tipus de creixements exponencials d'aquests vegetals nous és el desconeixement que encara hi ha sobre el cicle biològic d'aquestes espècies a la Mediterrània, la qual cosa sustenta encara més la necessitat de projectes de recerca com el que duen a terme els doctors Marbà, Terrados i Deudero.

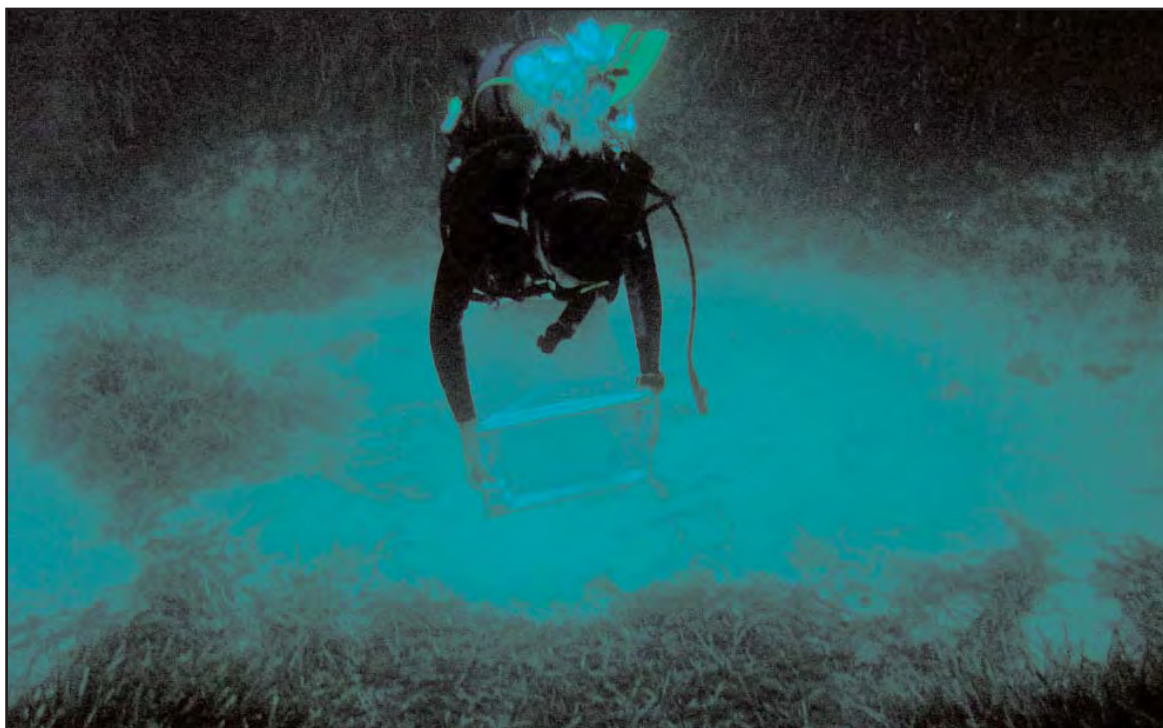
Els herbeis de *Caulerpa* estan formats per clons que s'inicien a partir que un zigot o un fragment de tal·lus s'assenta al substrat. El zigot procedent de la reproducció sexual, o el fragment de tal·lus, creix i desenvolupa un eix reptant que es fixa mitjançant una mena d'arrels, els rizoides. És a partir d'aquests eixos reptants que van emergint les frondes amb capacitat fotosintètica.

En realitat, es desconeix ara para ara quina és la importància de la reproducció sexual en l'expansió i el

manteniment d'aquestes praderies de *Caulerpa*. En canvi, sí que es tenen evidències que la propagació vegetativa, a partir de fragments de tal·lus que s'assenten al substrat, és molt important. Aquest estudi pretén respondre també un interrogant encara no resolt: les diferències observades en les capacitats d'expansió de les tres espècies del gènere al Mediterrani són o no són degudes a diferències en la viabilitat dels fragments del tal·lus i en la capacitat per produir nous clons?

Els investigadors de l'IMEDEA i la UIB han enllestit en la primera fase del projecte de recerca la quantificació de les regles de creixement clonal, és a dir, la taxa d'elongació dels estolons (els eixos reptants); la taxa de ramificació, l'angle de ramificació, la llargària de l'estoló entre dues frondes consecutives, la taxa de formació d'estolons i la taxa de supervivència de les frondes per a cada una de les *Caulerpa* del Mediterrani. Només així es podrà comprendre com "creixen" i "s'expandeixen" aquestes praderies d'algues i quina o quines d'aquestes regles de creixement tenen més o menys rellevància.

Les dades obtingudes seran incorporades a un model de simulació de l'expansió dels clons per tal d'examinar la forma, el creixement i el temps de



colonització mitjançant creixement vegetatiu. Els investigadors de l'equip desenvolupen aquest model conjuntament amb el doctor Tomàs Sintès, del Departament de Física de la Universitat de les Illes Balears.

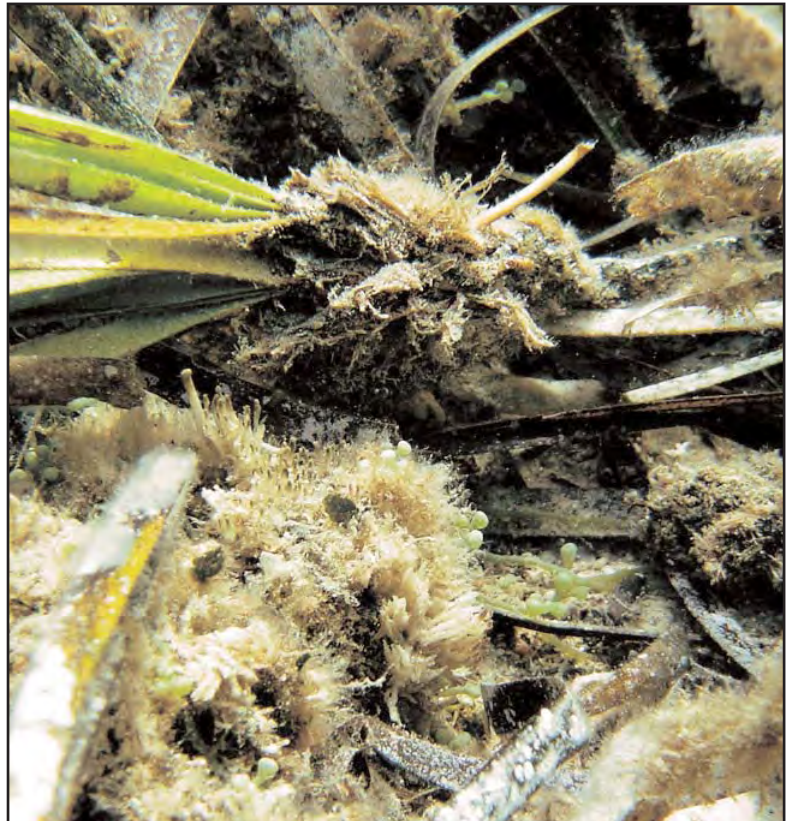
### La diversitat genètica i els requeriments ambientals

No obstant l'anterior, els científics investiguen també les poblacions balears des d'un punt de vista genètic. Es tracta d'aclarir quin és el grau de diversitat genètica present als herbeis de les espècies de *Caulerpa* i, per tant, tenir una indicació del nombre d'individus genèticament diferents que hi ha a les poblacions. Probablement, la contribució de la reproducció sexual en l'expansió i el manteniment dels herbeis de *Caulerpa* varia entre les espècies presents a la Mediterrània. En el cas de *C. taxifolia*, la hipòtesi de partida és que la diversitat genètica és relativament baixa, la qual cosa suposaria que la reproducció sexual té un pes mínim en la dispersió de les espècies i que és la colonització del substrat a partir de petits fragments la principal via de creixement d'aquests herbeis.

De fet, el cas de *Caulerpa taxifolia* a les Balears abona aquesta hipòtesi. Tot i que aquesta espècie fou titllada de molt invasora, ha desaparegut en algunes zones del litoral de les Balears, i en les que ha persistit colonitza superfícies molt modestes. Es dona la circumstància que s'ha reproduït a indrets on les praderies foren sotmeses a tractaments d'eradicació, la qual cosa podria haver provocat la dispersió de petits fragments recolonitzadors.

Per tal d'esbrinar si efectivament la diversitat genètica de les praderies és baixa, cal comparar, mitjançant marcadors genètics, el DNA procedent de diferents plantes d'una mateixa praderia de *Caulerpa*, un treball en el qual els investigadors compten amb la col·laboració de les doctores Ester Serrao i Elena Varela, de la Universitat de l'Algarve (Portugal).

A banda d'analitzar quins són els requeriments de temperatura i intensitat lumínica per al creixement de les tres espècies, els investigadors han començat a estudiar quines són les condicions del substrat que cerca *Caulerpa*, analitzant les propietats del sediment



en comunitats colonitzades per les tres espècies. Es mesura així el potencial redox, el percentatge de matèria orgànica i les concentracions de sulfhídric, amoni, nitrat i fosfat en l'aigua intersticial del sediment. Un dels aspectes més remarcables del projecte, en aquest sentit, és que hom pretén aclarir quina és la importància de l'adquisició de carboni per via heterotròfica en el creixement d'aquestes espècies.

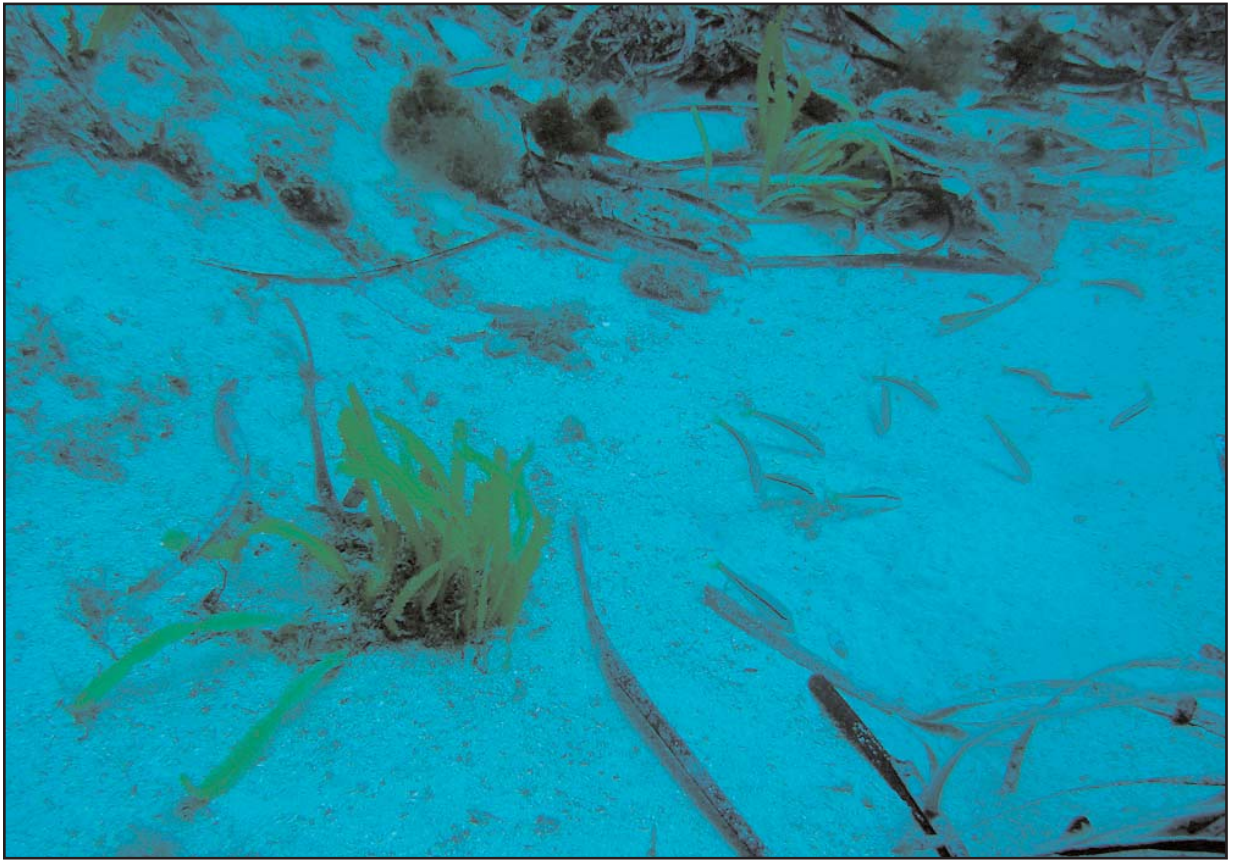
L'equip d'investigadors avaluarà l'efecte de la colonització de *Caulerpa* sobre l'estructura tròfica de la comunitat faunística de les praderies de *Posidonia*.

### Quin és el destí de la producció de les praderies de *Caulerpa*?

Comunament hom ha dit que un dels avantatges d'aquestes espècies, sobretot de les dues no natives, és que pràcticament no hi ha herbívors que en mengin. Tot i això, fins ara no s'havia enllestit un estudi en profunditat de la fauna associada a aquestes praderies mitjançant mostreigs corresponents a les quatre estacions de l'any contrastant-los amb la fauna pròpia de *P. oceanica*.

D'una banda, l'estudi esbrinarà quines espècies de la macrofauna bentònica conviuen amb les espècies de

Tot i que *Caulerpa taxifolia* fou titllada de molt invasora, ha desaparegut en algunes zones del litoral de les Balears i en les que ha persistit colonitza superfícies molt modestes.



*Caulerpa* observant les diferències en abundància i composició de la macrofauna del sediment que viu en zones colonitzades per les diferents espècies de caulerpals enfront de la macrofauna associada a *P. oceanica*. Aquesta informació serà molt important per aconseguir un objectiu més significatiu, consistent a estudiar quines presenten proves d'alimentar-se de les caulerpals.

***Fins ara no s'havia enllestit un estudi en profunditat de la fauna associada a aquestes praderes de Caulerpa mitjançant mostreigs corresponents a les quatre estacions de l'any i contrastant-los amb la fauna pròpia de P. oceanica***

A més, s'han efectuat estudis comparatius entre la fauna diürna i la nocturna per tal d'avaluar les diferències nictemerals en la utilització de les praderies

de *Caulerpa*.

La transferència de carboni i nitrogen a nivells tròfics serà comprovada mitjançant l'anàlisi dels isòtops estables d'ambdós elements i es determinaran les concentracions de  $^{15}\text{N}$  i  $^{13}\text{C}$  tant en els productors primaris (plàncton, macròfits) com en els consumidors (gasteròpodes, equinoderms, peixos, etc.). Així s'avaluarà l'efecte de la colonització de *Caulerpa* sobre l'estructura tròfica de la comunitat faunística de les praderies de posidònia.

Al mateix temps, tot i que se sap que les espècies del gènere *Caulerpa* sintetitzen diverses substàncies tòxiques, els investigadors han iniciat l'estudi de les diferents concentracions de la més coneguda d'aquestes, la caulerpenina, en les tres espècies presents al Mediterrani i, al mateix temps, l'anàlisi de la macrofauna d'invertebrats amb l'objecte de destriar quines són les espècies que presenten traces de caulerpenina i que, per tant, es menjarien les frondes d'aquestes espècies.

### Projecte finançat

---

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

Acrònim: CAULEXPAN.

Referència: REN2002-00701/MAR

Entitat finançadora: Ministeri de Ciència i Tecnologia.

Inici: 2002. Fi: 2005

### Investigadora responsable

---

Doctora Núria Marbà Bordalba

Científica titular del Consell Superior d'Investigacions Científiques

Grup d'Oceanografia Interdisciplinària

Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (IMEDEA).

Edifici "Les Escoles velles". Esporles.

Tel. 971 61 17 20

E-mail: [ianmb@clust.uib.es](mailto:ianmb@clust.uib.es)



D'esquerra a dreta, els doctors Núria Marbà, Jorge Terrados i Salut Deudero.

### Altres membres de l'equip

---

Doctor Jorge Terrados Muñoz, científic titular del CSIC, Grup d'Oceanografia Interdisciplinària de l'IMEDEA

Doctora Salut Deudero Company, professora ajudant del Departament de Biologia de la UIB i membre del Grup d'Oceanografia Interdisciplinària de l'IMEDEA

Antoni Box, becari del Grup d'Oceanografia Interdisciplinària de l'IMEDEA

### Comunicacions a congressos

---

"Spatial and temporal distribution of Eunicida (Polychaeta) in *Posidonia oceanica* (L.) Delile seagrass beds colonized by *Caulerpa* spp". T.Box S.Deudero. XIII Simposio Ibèric 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