



Imagen 17. El alga *Caulerpa racemosa* crece sobre casi cualquier sustrato y forma densas redes de estolones a partir de los cuales se desarrollan nuevas plantas. Esto hace muy difícil su erradicación (Klein y Verlaque, 2008). Foto: Pau Fabregat/CRAM

Exploración del límite en profundidad de la distribución del alga invasora *Caulerpa racemosa* en aguas de Es Uedrà (Ibiza)

El alga *Caulerpa racemosa* crea extensas praderas ocupando el sustrato de especies de algas y de fanerógamas propias del Mediterráneo como las

praderas de posidonia (*Posidonia oceanica*) o de algueró (*Cymodocea nodosa*). También es capaz de colonizar tanto sustratos rocosos como are-



nosos (Klein y Verlaque, 2008). Su gran habilidad competitiva ante Posidonia, Cymodocea y otras comunidades como los tapices de microalgas (Piazzi *et al.* 2001), se debe fundamentalmente, a su rápido crecimiento y a su capacidad para reproducirse a partir de pequeños trozos, como esquejes, que pueden ser transportados fácilmente por las embarcaciones de recreo y comerciales. Además, prácticamente carece de depredadores, ya que de momento parece que hay pocos animales que hayan sido capaces de incorporar esta especie en su dieta.

Para la mayoría de los científicos, su erradicación –al igual que para otros casos de especies exóticas invasoras marinas- no es posible si no es en fases muy tempranas de colonización. Por tanto, la única medida de gestión posible es la prevención de las introducciones (Ballesteros, 2008).

La *Caulerpa racemosa*, originaria de Australia, penetró en el Mediterráneo a través del canal de Suez. Se detectó su presencia en el Mediterráneo en Libia, en 1990, y a partir de 1991 se confirmó su expansión hacia el norte y hacia el oeste: Italia, Grecia, Albania, Francia, Turquía, Malta, España, Tu-

nez, Croacia y Argelia. Llegó a Baleares a finales de la década de los noventa y comenzó a colonizar Mallorca e Ibiza.

Aunque ya existían otras variedades de esta misma alga introducidas en el Mediterráneo occidental desde los años treinta, esta nueva variedad (*C. racemosa* var. *cylindracea*) resultó ser especialmente agresiva: en 12 años ha colonizado las costas de 12 países (incluidas las costas de Canarias) y no parece haber indicios de su regresión (Klein y Verlake, 2008).

Este tipo de especies invasoras pueden verse favorecidas por los cambios previstos en los modelos climáticos para las aguas del Mediterráneo occidental. En efecto, una de las consecuencias del cambio climático será el calentamiento del agua del mar, y no sólo en superficie, sino también en profundidad. Algunos investigadores señalan a la *tropicalización*² de las aguas del Mediterráneo como un fenómeno especialmente relevante del que se deberá realizar un seguimiento específico en el contexto del fenómeno de la invasión de especies (Zenetos, 2008). Asimismo, existen pocas dudas acerca del papel catalizador del cam-

² Se habla de la *tropicalización* de las aguas del Mediterráneo para referirse no sólo al incremento de la temperatura de la superficie del agua (SST) sino a la entrada y a la sustitución de hábitats y especies propias de esta latitud por otras de aguas más calidas. En realidad es un proceso complejo que está siendo estudiado por instituciones científicas de toda Europa.



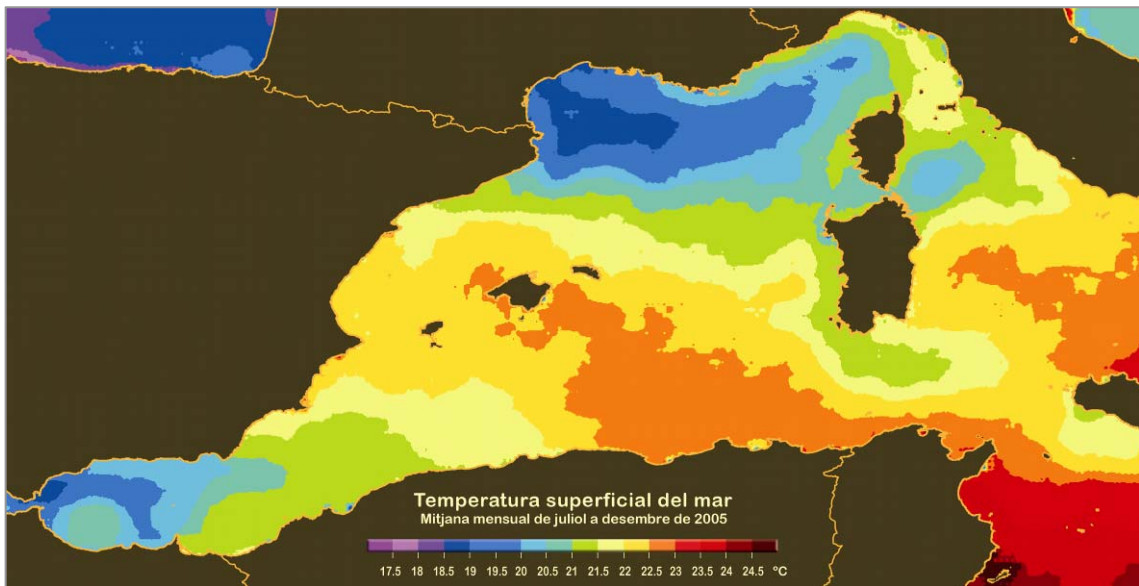


Imagen 18. Las aguas del archipiélago balear son relativamente cálidas en su contexto geográfico, y vulnerables al asentamiento de especies invasoras tropicales. La dispersión se ve facilitada por el intenso tráfico naviero comercial y recreativo que llega al Mediterráneo a través del estrecho de Gibraltar y del canal de Suez. Mapa: S. Requena/CRAM a partir de datos de SST del programa de la NASA *Seawifs*.

bio climático sobre la distribución de las especies invasoras marinas (CEEEI, 2008) en el presente y en el futuro.

Uno de los hábitats que podría encontrarse más afectado por la invasión de este tipo de algas son las praderas de fanerógamas marinas, un importante sumidero de CO₂ en el Mediterráneo occidental (Occhipinti-Ambrogi, 2007). Pese a que a día de hoy no está claro si la interacción con *Posidonia oceanica* es positiva, negativa o neutra (Klein y Verlaque, 2008; Streftaris y Zenetos, 2006), sí parece existir una competencia negativa para otras fanerógamas

marinas como *Cymodocea nodosa* (Streftaris y Zenetos, 2006), de ahí la necesidad de monitorizar a esta especie invasora.

Por otra parte, uno de los motivos de preocupación deriva de que algunos estudios indican que en profundidades a partir de 30 m, *C. racemosa* puede formar un tapiz continuo y muy denso; de hecho se ha encontrado a más de 40 m de profundidad en diversas localizaciones del Mediterráneo (Klein y Verlaque, 2008).

Por todo ello, es de prever que su expansión podría ser mayor de lo previs-



ta. El trabajo con el ROV (Remote Operated Vehicle) contribuirá a aportar datos nuevos, ya que el equipamiento permite obtener imágenes en profundidad. Conocer los límites de la distribución de esta especie invasora, no sólo en superficie sino también en profundidad, será fundamental para poder prevenir y controlar su avance.

El equipo de “la Caixa” a favor del mar: la ruta del *Vell Marí* ha llevado a cabo una campaña de exploración en Ibiza y Formentera durante la primera quincena de Septiembre. Para ello, se ha contado con el asesoramiento del investigador del Consejo Superior de Investigaciones Científicas del Centro de Estudios Avanzados de Blanes, Dr. Enric Ballesteros.

El objetivo principal de este trabajo ha sido la obtención de imágenes que testimonien la presencia de *Caulerpa racemosa* en el fondo ibicenco, con el fin de divulgar la problemática de las especies invasoras en el Mediterráneo, y, además, documentar los estudios que se realizan para el seguimiento de una especie invasora como *Caulerpa racemosa*.





Imagen 19. El *Vell Marí* está dotado con un ROV (Remote Operated Vehicle) que permite grabar imágenes en las profundidades en las que un submarinista, con una escafandra autónoma, al uso no podría. Desde el barco uno de los técnicos dirige el robot (imagen de la izquierda) mientras desciende y lo orienta hacia las zonas con interés para la exploración. Fotos: Pau Fabregat / CRAM

Especies invasoras

Se estima que, actualmente, más del 5% de las especies que habitan en el Mediterráneo son introducidas, probablemente más si tuviéramos en cuenta los organismos del plancton y los microorganismos (Ballesteros, *com. pers.* 2008).

La introducción de especies es uno de los principales agentes de cambio de los ecosistemas, ya que es capaz de desplazar las especies nativas y cambiar la estructura de las comunidades naturales. Éstas son dos características diferenciales que hacen cambiar de categoría a una especie *alóctona* o



introducida -que ha salido de su área natural y encuentran otras aguas óptimas para desarrollarse- para pasar a ser denominada como invasora.

Las invasiones biológicas son consideradas a menudo un elemento del cambio global, y en muchos casos están vinculadas al cambio climático (Occhipinti-Ambrogi, 2007). Así, el Mediterráneo oriental está abierto a las invasiones de especies exóticas debido a su posición entre el Mar Rojo y el Océano Atlántico, el intenso tráfico marítimo y las numerosas explotaciones de acuicultura. Y, sobre todo, desde la apertu-

ra del canal de Suez en 1869 (Galil y Zenetos, 2002) que permitió a las especies del Mar Rojo y del Océano Índico entrar en el Mediterráneo. Si bien la entrada de especies en el Mediterráneo, como se ha comentado, no está inicialmente relacionada con el cambio climático, sí es cierto que el aumento de la temperatura del agua del mar junto el aumento de la salinidad (factores ligados al cambio climático en el Mediterráneo occidental) favorecerá el asiento de estas especies (UNEP-MAP-RAC/SPA 2008).



Imagen 20. Uno de los integrantes de la tripulación del *Vell Marí* comprueba el arraigo de *Caulerpa racemosa* sobre el sustrato rocoso. Foto: Pau Fabregat / CRAM





Imagen 21. *Caulerpa racemosa* forma extensos tapices y, además de competir por los recursos de hábitat, podría impedir el desarrollo de especies autóctonas. Foto: Pau Fabregat / CRAM

Marco geográfico

Como se ha podido comprobar, las aguas de Baleares son muy vulnerables a las invasoras tropicales. Son relativamente cálidas y soportan un intenso tráfico marino. Los barcos comerciales y de recreo, que se mueven entre el este y el oeste del Mediterráneo y que entran y salen por los estrechos de Gibraltar y Suez, favorecen la dispersión de especies invasoras de origen tropical.

En el ámbito del Baleares se han detectado cinco macroalgas introducidas de las cuales tres presentan un marcado carácter invasor: *Womersleyella setacea*, *Lophocladia lallemandii*, y *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*, que nos ocupa.



Objetivos y metodología del trabajo

Esta campaña de exploración ha tenido dos objetivos. Por una parte contribuir al conocimiento de los límites de la distribución de *Caulerpa racemosa*, no sólo en superficie sino también en profundidad, lo que es fundamental para poder prever y controlar su avance.

El segundo objetivo consistió en realizar un registro gráfico y grabaciones submarinas para obtener imágenes que permitan el montaje de un reportaje divulgativo que documente gráficamente los estudios que se realizan para el seguimiento de las especies

invasoras y que muestre al público algunas de las metodologías que se emplean.

Para ello se realizó una toma de datos acerca de la presencia de *C. racemosa* en diferentes localizaciones de dentro y fuera de la Reserva Natural de Es Vedrà. Estas localizaciones son las que el equipo del profesor Enric Ballesteros estudia anualmente dentro de la red de seguimiento de especies invasoras en aguas de Baleares. Este estudio se realiza normalmente en el mes de noviembre, cuando esta especie

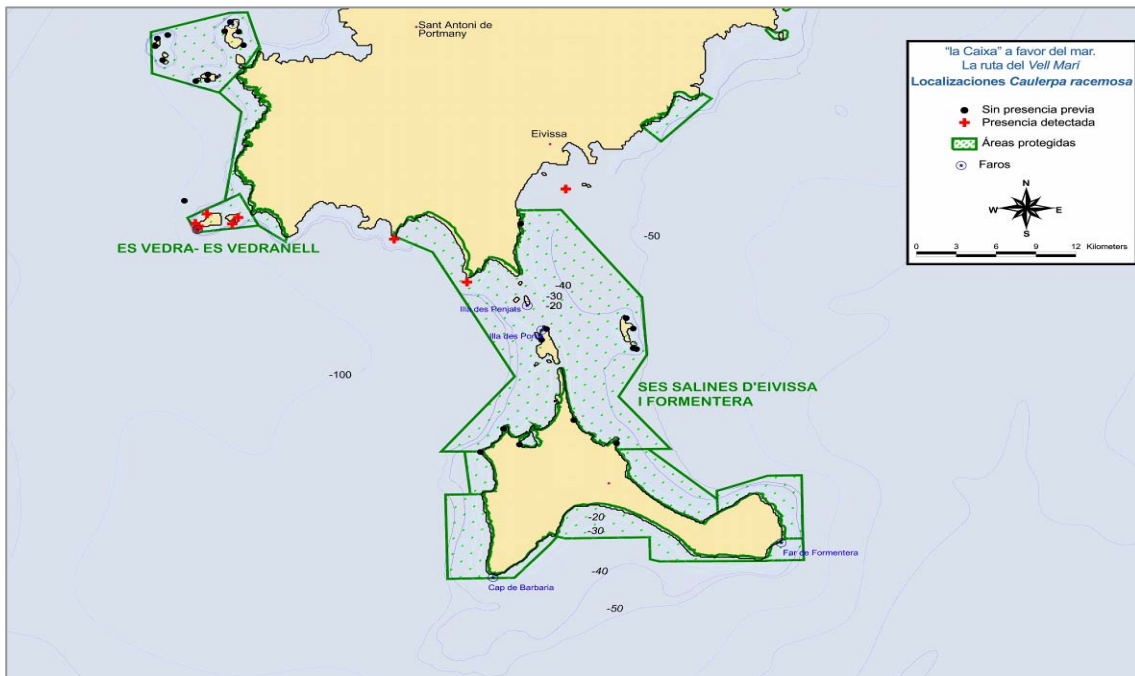


Imagen 22. Localizaciones del estudio de seguimiento de *C. racemosa* en aguas de Ibiza y Formentera. Estas localizaciones son las que el equipo del Dr. Enric Ballesteros del Centro de Estudios Avanzados de Blanes (centro del Consejo Superior de Investigaciones Científicas) estudia anualmente dentro de la red de seguimiento de especies invasoras en aguas de Baleares. Mapa: S.Requena/CRAM





Imagen 23. Detalle de las localizaciones en las que se ha detectado *C. racemosa* en los últimos años en aguas de Es Vedrà. Los biólogos del *Vell Marí* trabajaron fundamentalmente la localización de Sa Galera. Allí se extendía hasta los 35 m de profundidad. Imagen: GoogleEarth. Localizaciones: Dr. Enric Ballesteros (CEAB/CSIC).

parece alcanzar un máximo de cobertura y de ahí el interés de realizar prospecciones fuera de esta temporada.

El método de estudio consistió en, a partir de las localizaciones, realizar transectos de 5 en 5 metros de profundidad y registrar la presencia de *C. racemosa*. Cuando las condiciones fueron adecuadas se sumergió un ROV (Remote Operated Vehicle) de

tipo ligero dotado con cámara submarina, para poder obtener imágenes a mayor profundidad y aportar datos nuevos.

Las condiciones meteorológicas durante los días de trabajo, con oleaje y viento superior a los 20 nudos de componente suroeste, obligaron al equipo del *Vell Marí* a concentrar el esfuerzo de la campaña a sotavento de la Reserva Natural Integral de Es Vedrà. En



esta zona se exploraron dos localizaciones definidas por el Dr. Ballesteros como zonas donde se había detectado *C.racemosa*. Sin embargo, en esta ocasión, sólo se detectó el alga invasora en una de estas localizaciones, Sa Galera (ver imagen 23)



Imagen 22. El equipo de “la Caixa” a favor del mar: la ruta del *Vell Marí* preparando las inmersiones en la Reserva de Es Vedrà. De derecha a izquierda: Ferran Alegre (patrón y responsable de la campaña), Julia Santana (bióloga), Georgios Tsounis (biólogo) y David Bisbal (responsable de inmersiones). Foto: Pau Fabregat / CRAM





Imagen 23. Los biólogos del Vell Marí efectuaron varias inmersiones diarias para comprobar la existencia de *Caulerpa racemosa*. Se realizaron transectos de 5 en 5 metros de profundidad y se registró la presencia. Cuando las condiciones fueron adecuadas para poder trabajar a mayores profundidades se sumergió un ROV (Remote Operated Vehicle) de tipo ligero dotado con cámara submarina, para poder obtener imágenes de profundidad y aportar datos nuevos. Foto: Pau Fabregat / CRAM

La zona estudiada presentaba praderas de *Caulerpa racemosa* tanto sobre sustrato rocoso como sobre arenoso, y entre los 0 y los 45 metros de profundidad. La cobertura máxima se encontró en la franja de los 30 a los 35 metros. Este patrón de ocurrencia coincide con los estudios previos del Dr. Ballesteros que, como ya se ha comentado anteriormente, se vienen realizando generalmente en el mes de noviembre.

Como resultado del estudio realizado, se pudieron obtener imágenes del alga invasora en la Reserva Natural Integral de Es Vedrà que muestran la problemática existente. Por ejemplo, se observaron claros signos de solapamiento y de ocupación del sustrato con posible competencia espacial entre *C. racemosa* y especies típicas de la zona como *Posidonia oceanica*, *Cystoseira mediterranea* o *Codium bursa*. Estas



imágenes, junto con declaraciones de expertos en la materia, forman una herramienta esencial para la divulgación y sensibilización del público sobre esta problemática.

De hecho, después de los efectos de la introducción de la otra especie del género *Caulerpa* introducida en el Mediterráneo (*C. taxifolia*) y los serios esfuerzos que medios de comunicación, administraciones y científicos realizaron para advertir a la opinión pública sobre esta especie, los investigadores resaltan la necesidad de una mayor atención hacia *C. racemosa*, como por ejemplo, que se realicen campañas de

información y de sensibilización, además de otras medidas legislativas como la prohibición de la venta de estas especies para los acuarios (Klein y Verlaque, 2008).

En efecto, el tratar de controlar esta invasión (por ejemplo utilizando medios mecánicos o químicos) es hoy en día un planteamiento irreal. Los intentos realizados hasta ahora han tenido un éxito muy bajo y se considera que es prácticamente imposible en el medio marino (CEEEI, 2008). Por ello, los sistemas de alerta temprana y de seguimiento y control resultan esenciales para la lucha contra estas especies.



Imagen 24. El oleaje y el viento (superior a los 20 nudos de componente suroeste) obligaron al equipo del *Vell Marí* a concentrar el esfuerzo de la campaña a sotavento de la Reserva Natural Integral de Es Vedrà y a limitar el uso del ROV. En la imagen, en la que se aprecian estas condiciones, Ferran Alegre (coordinador de la campaña y patrón del *Vell Marí*) anuncia por la emisora la entrada en puerto del velero. Foto: Pau Fabregat/CRAM



Bibliografía

- Ballesteros, E.** Especies invasoras marinas: introducción, impacto y control. En *Conferencia Europea sobre Especies Exóticas Invasoras*. Gobierno de España. Ministerio de Medio Ambiente, y Fundación Biodiversidad. Madrid, 15-16 de enero de 2008.
- Bianchi, C.N.** Biodiversity issues for the forthcoming tropical Mediterranean Sea. *Hydrobiologia*. Vol. 580 (2007): 7–21.
- Conferencia Europea sobre Especies Exóticas Invasoras (CEEEI).** Conclusiones del Grupo de Trabajo sobre Especies Exóticas Invasoras Marinas. En *Conferencia Europea sobre Especies Exóticas Invasoras*. Gobierno de España. Ministerio de Medio Ambiente, y Fundación Biodiversidad. Madrid, 15-16 de enero de 2008.
- Klein, J y Verlaque, M.** The *Caulerpa racemosa* invasion: A critical review. *Marine Pollution Bulletin*. Vol. 56 (2008): 205-225.
- López-Sendino, P., Cebrián, E., Pinedo, S. y Ballesteros, E.** Invasión del Parque Nacional del Archipiélago de Cabrera por algas introducidas. En XIV SIEBM. *Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina*. Barcelona, 2006.
- Occhipinti-Ambrogi, A.** Global change and marine communities: Alien species and climate change. *Marine Pollution Bulletin*. Vol. 55 (2007): 342–352.
- Piazzì, L., Ceccherelli, G. y Cinelli, F.** Threat to macroalgal diversity: effects of the introduced green alga *Caulerpa racemosa* in the Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 210 (2001): 149–159.
- Streftaris, N. y Zenetos, A.** Alien Marine Species in the Mediterranean -the 100 'Worst Invasives' and their Impact. *Mediterranean Marine Science*. Vol. 7, nº 1 (2006): 87-118.
- UNEP-MAP-RAC/SPA.** Impact of climate change on biodiversity in the Mediterranean Sea. Perez, T. Comp.). RAC/SPA Edit., Tunis 2008.
- Zenetos, A.** Las especies exóticas invasoras en los mares europeos, con especial énfasis en el Mediterráneo. En *Conferencia Europea sobre Especies Exóticas Invasoras*. Gobierno de España. Ministerio de Medio Ambiente, y Fundación Biodiversidad. Madrid, 15-16 de enero de 2008.



Equipo técnico a bordo

Ferran Alegre. Patrón y coordinador general del proyecto. Fundación CRAM.

Júlia Santana Garçon. Biólogo. Fundación CRAM.

Dr. Georgios Tsounis. Biólogo. CMIMA-CSIC.

David Bisbal. Responsable de inmersiones. Fundación CRAM.

Paco Sánchez. Cámara. Fundación CRAM.

Pau Fabregat.. Fotógrafo. Fundación CRAM.

Agradecimientos

Dr. Enric Ballesteros Segarra. Investigador Científico del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Centro de Estudios Avanzados de Blanes. CSIC

Dirección de la Reserva Marina des Freus d'Eivissa i Formentera. Direcció General de Pesca. Govern de les Illes Balears.

Dirección de la Reserva Natural Integral de Es Vedrà. Conselleria de Medi Ambient. Govern de les Illes Balears.

Dirección del Parque Natural de Ses Salines d'Eivissa i Formentera. Conselleria de Medi Ambient. Govern de les Illes Balears.

Marina de Formentera

Centro de buceo "Vell Marí", Formentera.

