

NUESTRA TIERRA

La posidonia frente al cambio climático

El Centro Oceanográfico de Murcia analiza su respuesta al aumento de temperatura y demuestra por primera vez que induce su floración (p. 23)



Contigo hay buena energía

Cuando disfrutas de la naturaleza, descubres la importancia de respetarla. Eso es buena energía.

En Iberdrola nos inspiramos en personas como tú. Más del 90% de la energía que generamos en España está libre de CO₂. Y eso también es buena energía.



Cómo sobrevivir al cambio climático bajo el mar

La Región de Murcia puede presumir de una de las mejores y más extensas praderas de Posidonia oceanica de todo el Mediterráneo, que a lo largo de unos 113 kilómetros cuadrados ofrecen refugio, alimento y zonas para la puesta de huevos a muchas especies de moluscos y peces. De hecho, más de mil están relacionadas con estas fanerógamas marinas, que también producen gran cantidad de oxígeno y fijan dióxido de carbono, lo que contribuye a reducir el efecto invernadero.

Al mismo tiempo, son fundamentales para capturar arena y otras partículas en suspensión y, por tanto, funcionan como los mejores indicadores de que las aguas están limpias y de que las playas son de arena natural. Sin embargo, una de sus principales amenazas es el cambio climático. Por ello, el Centro Oceanográfico de Murcia del Instituto Español de Oceanografía (IEO) inició el año pasado un proyecto para estudiar los problemas que generará en este ecosistema, dentro del Plan Nacional de I+D+i del Programa Estatal de Investigación, Desarrollo e Innovación Orientada a los Retos de la Sociedad, 'Retos Investigación', que financia el Ministerio de Economía y Competitividad. El título es 'Resiliencia de las praderas de angiospermas marinas al calentamiento global: un análisis basado en respuestas ecofisiológicas, poblacionales y ecosistémicas', cuyo acrónimo es RECCAM. La resiliencia es una propiedad de los ecosistemas y hace referencia a su capacidad de resistir los efectos de una perturbación o cambio.

El objetivo principal es examinar la respuesta de las praderas de angiospermas marinas mediterráneas -no solo Posidonia oceanica-, sino también Cymodocea nodosa -a este fenómeno. Y, en especial, a una de las consecuencias más obvias, el aumento de la temperatura media del mar, que parece que se nota más y de forma más temprana en el Mare Nostrum, donde también se espera una

BIOLOGÍA MARINA

MIQUEL ÀNGEL MUÑOZ



en nuestralaterra@laverdad.es

mayor frecuencia e intensidad de las olas de calor.

El coordinador del Grupo de Ecología de Angiospermas Marinas (GEAM) del Centro Oceanográfico de Murcia, Juan Manuel Ruiz, explica que el calentamiento del agua es uno de los parámetros, junto a la acidificación y el incremento del nivel del mar, que se analizan para determinar el cambio climático.

También participan en el proyecto la Universidad de Barcelona y el Centro de Estudios Avanzados de Blanes (CEAB) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), cuyos equipos se encuentran liderados por el profesor Javier Romero y la investigadora Teresa Alcoveiro, considerados ambos expertos en este campo de relevancia internacional.

Estrés térmico

El trabajo se centra más en las anomalías térmicas positivas que se producen en verano y otoño -las llamadas 'olas de calor'-, en lugar de la tendencia global a largo plazo, dado que las condiciones extremas de calor pueden afectar negativamente a la posidonia a corto plazo. El estrés térmico altera los procesos fisiológicos de la planta, como la fotosíntesis, y afecta a su capacidad de crecimiento, reproducción y supervivencia.

Si la temperatura media estival se sitúa en torno a 25 grados centígrados, el Centro Oceanográfico de Murcia contempla en el estudio un escenario de ola de calor con una subida de hasta cuatro grados, de acuerdo a los valores obtenidos durante los diferentes episodios observados en el Mediterráneo en los últimos años -sin ir más lejos, a finales de este mes de julio llegó a alcanzar los 28 grados-.

El trabajo pretende respon-



Equipo de buceadores del IEO, Universidad de Barcelona y CEAB-CSIC durante el desarrollo de uno de los experimentos del proyecto. IEO

RESPUESTA EN ZONAS CONTAMINADAS

El proyecto contempla de cara al futuro una serie de estudios para comprobar si en zonas contaminadas, donde hay infraestructuras como puertos

comerciales y deportivos o vertidos de industrias, las plantas marinas como la posidonia se encuentran estresadas por esa contaminación y si afecta a su capacidad para tolerar el calentamiento del agua. El propósito es averiguar en qué medida perjudica a su resiliencia, la capacidad de los ecosistemas de resistir una perturbación del medio o un

estrés ambiental. El investigador Juan Manuel Ruiz señala que la idea previa es que la contaminación actúa disminuyendo la resiliencia de las praderas submarinas, puesto que obliga a que la planta utilice parte de sus recursos para sobrevivir en unas condiciones alteradas y que, por tanto, no podrá utilizar para combatir el estrés causa-

do por el calentamiento del agua. En caso de que el calentamiento del agua les afectara, las praderas se podrían perturbar de forma más intensa o rápida en las zonas costeras más desarrolladas o contaminadas que en las mejor conservadas o con aguas de más calidad. El estudio confirmaría la hipótesis con experimentos en laboratorio.

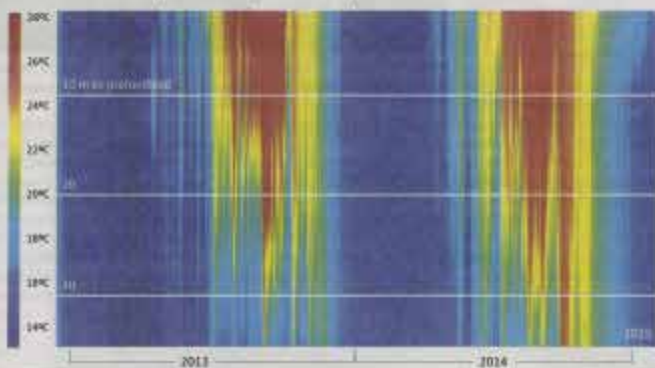
El Centro Oceanográfico de Murcia analiza la respuesta de las praderas de 'Posidonia oceanica' y 'Cymodocea nodosa' al calentamiento del agua por la mayor frecuencia e intensidad de las olas de calor



Instalación diseñada en el Centro Oceanográfico de Murcia (San Pedro), en la que se realizan los ensayos con la posidonia sometida a estrés térmico. H. A. M.

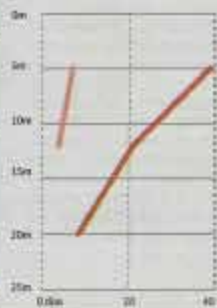
La temperatura bajo el mar

Variabilidad de la temperatura del agua a distintas profundidades en la zona de Isla Grosa



Fuente: Centro Oceanográfico de Murcia

Número de días en los que la temperatura del agua de mar superó los 27 grados a cinco metros de profundidad



LA VERDAD

der a la cuestión de cómo afectará el incremento de la frecuencia y de la intensidad de estos fenómenos extremos a las especies de angiospermas marinas, puesto que el conocimiento sobre su sensibilidad a los efectos directos e indirectos del calentamiento, sus umbrales de tolerancia o su capacidad de adaptación es todavía escaso. «Esta información es fundamental para evaluar cuáles serán los efectos del calentamiento de las

«Es fundamental evaluar la respuesta de las angiospermas, pues son claves para el funcionamiento de los ecosistemas marinos», advierten

El agua se calienta cada vez más rápido y durante más tiempo

aguas costeras en el ecosistema marino mediterráneo, puesto que las praderas marinas son un elemento clave para el funcionamiento de los mismos», expone Ruiz.

Los investigadores murcianos disponen de información precisa de las temperaturas a fin de obtener algún tipo de correlación que pueda considerarse una evidencia de calentamiento. El Instituto Español de Oceanografía instaló hace unos años

una red de termómetros sumergibles en Isla Grosa y Cabo de Palos, entre 5 y 35 metros de profundidad, que constituye por ahora la única fuente de datos de temperatura del agua de mar en las costas murcianas.

De este modo, se puede conocer para cada profundidad el número de días exactos en que el termómetro sobrepasa temperaturas que pueden ser críticas para el funcionamiento y la super-

vivencia de las angiospermas marinas. Ruiz aclara que más que las temperaturas máximas, lo que afectará a los organismos marinos será el número de días que se encuentren por encima de sus niveles críticos.

Los registros de los sensores submarinos permiten caracterizar estos periodos con precisión. Así, el número de días que la temperatura del agua de mar superó los 27 grados a 5 metros de profundi-

dad fue de 40 el año pasado, una cifra muy por encima de los 5 de 2013.

El investigador del Centro Oceanográfico de Murcia señala que si bien es difícil relacionar directamente las olas de calor con el cambio climático, sí se puede afirmar que se dan con mayor frecuencia e intensidad. Esto se traduce en que el agua se calienta de forma más rápida y durante un periodo más prolongado de lo normal.

➤ Por tanto, el principal problema para las especies marinas es el tiempo en el que viven bajo unas temperaturas que superan sus óptimos y rozan sus máximos de tolerancia. En el caso de la posidonia, el límite se sitúa en torno a los 29 grados centígrados, cuando la realidad es que los mares alcanzan cada vez con más frecuencia esta temperatura en superficie. Un claro ejemplo, expone Ruiz, es lo que ha ocurrido este verano en las aguas mediterráneas murcianas, en las que los termómetros submarinos han sobrepasado este límite en periodos bastante prolongados.

Adaptación o muerte

Otra cuestión a resolver es que se ignoren las consecuencias y si los ecosistemas marinos serán capaces de adaptarse al calentamiento del agua o, por el contrario, desaparecerán los hábitats tal y como se conocen ahora, si no poder recuperarse del impacto causado por una ola de calor. Ruiz resalta que el proyecto aborda por primera vez este tema en múltiples escalas, desde las respuestas individuales de las plantas hasta las de todo el ecosistema y sus interacciones con otros organismos y factores de estrés.

En lo que respecta a la planta, se estudia de qué manera resistirá y qué mecanismos posee a nivel fisiológico, molecular e incluso genético para combatir el estrés, y si están relacionados con determinados genotipos de las poblaciones o de las especies. Para ello, se analizará la reacción al estrés agudo (durante pocos días) y cró-

nico (semanas e incluso meses) de 'Posidonia oceanica' y 'Cymodocea nodosa', estableciendo la respuesta metabólica a los incrementos de temperatura, la expresión génica de caracteres asociados y su capacidad para recuperarse tras eliminar el estrés. Durante todo el proceso, se buscará identificar los mecanismos de termotolerancia que poseen ambas fanerógamas.

El investigador apunta que existe la posibilidad de que solo puedan resistir el calentamiento aquellas poblaciones que cuentan con determinados genotipos y que, por consiguiente, han desarrollado genes específicos para tolerar el calor. En consecuencia, una de las cuestiones que se deben descifrar es cómo se produce la selección de los genotipos, dado que puede suceder que no se den en todas las poblaciones ni en todas las costas.

Expertos mundiales

Los genes pueden haberse desarrollado exclusivamente en aquellas fanerógamas que habitan en zonas más proclives a sufrir altas temperaturas, como es el caso de la Región, y que han experimentado una evolución para adaptarse y sobrevivir. Para trabajar en este tema, el proyecto cuenta con la colaboración de expertos internacionales en genética de angiospermas marinas, como Gabriele Procaccini, de la Estación Zoológica Anton Dohrn de Nápoles.

El Centro Oceanográfico de Murcia es el responsable de la parte de la investigación centrada en la planta, para lo que se encuentra rea-



El investigador Juan Manuel Ruiz comprueba el estado de los ejemplares de 'Cymodocea nodosa' sometidos a las pruebas. ■ M. A. MUÑOZ

lizando pruebas con ejemplares de 'Posidonia oceanica' y de 'Cymodocea nodosa' recogidos en las costas de la Región (Isla Grossa) y de Cataluña (Parque Natural del Montgó y Delta del Ebro). Durante el estudio están realizando ensayos con grupos de las dos fanerógamas in-

troducidos en tanques de agua en los que los investigadores reproducen las condiciones ambientales de una ola de calor. Así, un grupo de cada especie se encuentra sometido a temperaturas próximas a su máximo crítico durante periodos definidos, mientras que otro se man-

tiene a temperaturas más óptimas o de control.

Las pruebas se llevan a cabo en el Centro Oceanográfico de Murcia, en San Pedro del Pinatar, en un mesocosmos (una infraestructura diseñada específicamente para la experimentación con angiospermas marinas)



que dispone de 12 tanques independientes de 500 litros cada uno, conectados a su vez con un tanque externo para formar un circuito cerrado. Cada unidad está provista de lámparas especiales que imitan la luz solar, mientras que la salinidad, el pH y la irradiación se controlan diariamente con sondas y sensores.

El objetivo es contrastar el efecto en cada especie y, de forma más avanzada, en función de la población y procedencia de cada una. Por este motivo, se han seleccionado ejemplares de una zona cálida, como es Murcia; y de Cataluña, donde el agua es más fría. Tras el período de exposición, las plantas son devueltas a su temperatura de control para evaluar su capacidad de recuperación.

A nivel de ecosistema

El proyecto busca, por otro lado, estudiar la respuesta de las praderas submarinas a nivel poblacional o de hábitat, para ver cómo afecta el cambio climático a la densidad de los bosques submarinos, y a nivel de ecosistema, a fin de comprobar cómo reaccionan los otros elementos que no son la planta y como interaccionan con ella. Ruiz recuerda que las plantas no viven aisladas, sino que forman parte de un ecosistema cuyos componentes interaccionan entre sí, haciendo que las respuestas observadas puedan ser diferentes a las que esperaríamos ver.

Un ejemplo interesante son los efectos del cambio climático sobre algunas especies herbívoras, como el erizo ('Paracentrotus lividus') y la salpa ('Sarpa salpa'), un pez que nada en estos ecosistemas y

El poder de los euribiontes

■ MIGUEL A. MUÑOZ

Uno de los factores a tener en cuenta en la investigación es que las dos fanerógamas que son objeto de estudio, 'Posidonia oceanica' y 'Cymodocea nodosa', se caracterizan por haber evolucionado con estrategias ecológicas diferentes. La primera es de crecimiento lento, pero desarrolla gran-

des biomasa, de modo que forma praderas donde hay una gran biodiversidad. La cymodocea, en cambio, se expande más deprisa, pero sin crear grandes estructuras que perduren en el tiempo.

Ruiz apunta que la posidonia tiene su equivalente en tierra en un roble o una secuoya. De esta forma, se

caracteriza por unos requerimientos ecológicos más estrictos y solo puede vivir en unas condiciones determinadas.

La cymodocea presenta más similitudes con plantas herbáceas como las gramineas (cereales, caña, cañizo,...), con una tolerancia ambiental mayor, por lo que puede crecer en zonas

donde la salinidad y la temperatura son muy diferentes, como es el caso del Mar Menor y el Mediterráneo. Es lo que se conoce como euribionte, una especie capaz de vivir en un amplio espectro de condiciones ambientales, explica.

La hipótesis del investigador es que este tipo de especies están mejor adaptadas a resistir las condiciones más estresantes, como el calentamiento del agua causado por una ola de calor, que aquellas si-

milares a la posidonia que necesitan mantenerse dentro de unos márgenes de temperatura determinados.

En caso de confirmarse su teoría, la consecuencia en los próximos años es que se producirán cambios importantes en el ambiente y paisaje submarino y en el funcionamiento de los ecosistemas, dado que la desaparición de la posidonia tendría repercusiones en la calidad del agua, el turismo y la pesca.



Miembros del grupo de investigación de angiospermas marinas del IEO procesa y analiza las muestras. ■ N.A.M.

que se alimenta directamente de la producción de la posidonia, especialmente en lo relativo a si se verán alterados y consumirán más o menos y, en caso afirmativo, si la planta será capaz de soportarlo y llevar a cabo, por ejemplo, crecimientos compensatorios de esas pérdidas.

«La posidonia puede tener tolerancia al calor, pero estaría igualmente amenazada si la subida de la temperatura desencadena una mayor presión de las poblaciones de peces herbívoros», sostiene el investigador, quien añade que se evaluará si la planta sometida a las altas temperaturas tiene la misma respuesta cuando es atacada por especies herbívoras que aquellas que se encuentran en condiciones normales.

Asimismo, se analizará el nivel de estrés fisiológico de los peces herbívoros bajo el efecto del calentamiento, así como su comportamiento alimentario. Los ensayos para comprobar estas cuestiones se llevarán a cabo mediante experimentos en el mar y en las instalaciones de cultivos del IEO en Mazarrón.

Los investigadores analizan las adaptaciones genéticas que hayan podido desarrollar las fanerógamas marinas de las zonas más cálidas para sobrevivir y adaptarse al cambio

Por otra parte, la investigación estudiará la interacción de las praderas submarinas con otros tipos de estrés, como la eutrofización (aporte excesivo de nutrientes al medio), que disminuye la calidad del agua y conlleva un incremento de algas que compiten por el mismo espacio. La finalidad es determinar la respuesta de las plantas cuando se las somete a un alto aporte de nutrientes o de materia orgánica y, a la vez, a elevadas temperaturas. También se examinarán las denominadas perturbaciones mecánicas, que pueden ser naturales, como los temporales, o causadas por actividades humanas, como el fondeo y la pesca de arrastre.

Una de las novedades del proyecto es que se realizan ensayos tanto en laboratorio, como en el mar. El trabajo abarca ocho localidades repartidas entre el Cabo de Creus (Getona) y Águilas, en las que un equipo de buceadores midió una serie de parámetros o descriptores del estado de la planta a los distintos niveles que propone la investigación: individual, poblacional y ecosistémico.

La iniciativa permitirá estudiar la relación con las variaciones de temperatura a lo largo de este gradiente geográfico. «Los resultados nos darán una idea de cómo las poblaciones se aclimatan o se adaptan de forma natural a los cambios geográficos de temperatura», indica Ruiz. Otro de los puntos a destacar, en su opinión, es que el proyecto integra a las tres instituciones más relevantes del país en lo que se refiere a la investigación en Ciencias del Mar.

Demuestran que la temperatura induce la floración de la posidonia

El experimento prueba que el calentamiento del agua favorece la reproducción sexual de las poblaciones adaptadas a las aguas más frías

■ MIGUEL A. MUÑOZ

MURCIA. Durante el experimento realizado en los acuarios de las instalaciones del mesocosmos experimental del Centro Oceanográfico de Murcia ha ocurrido uno de los eventos naturales más sorprendentes e inesperados: la floración de 'Posidonia oceanica'. Ya es de por sí inusual (aunque no raro) ver su floración en el mar -pocos buceadores experimentados lo han visto-, pero lo es aún más que florezcan unos fragmentos de posidonia mantenidos en condiciones de laboratorio.

La flor de posidonia es de una belleza muy particular. Se trata de una especie de espiga parecida a la de muchas gramíneas (trigo, cebada,...) que aparece en otoño, si bien no todos los años ni en todos los sitios. Esta fanerógama posee flores masculinas y hermafroditas y la polini-

zación, que es submarina, produce unos frutos verdes parecidos a una oliva de mar, visibles en la pradera y en las playas entre invierno y principios de verano. Esto es el ciclo de reproducción sexual de la posidonia.

El singular evento ocurrido en los laboratorios del Centro Oceanográfico de San Pedro del Pinatar tiene un valor científico añadido de especial relevancia, puesto que las flores de posidonia no han aparecido en todos los tanques experimentales y en todas las condiciones experimentales, sino que solo lo han hecho en las plantas procedentes de las praderas de Cataluña que fueron expuestas a un ca-

lentamiento de cuatro centígrados del agua.

Esto demuestra que la elevación de la temperatura del agua induce la floración de esta especie, al menos en zonas costeras en las que las poblaciones se desarrollan en aguas más frías que las de las praderas murcianas. Se trata de la primera vez que se obtiene una evidencia experimental tan clara del efecto de la temperatura en la reproducción sexual de esta especie.

Fenómeno masivo

Entre los años 2002 y 2003, una ola de calor arrasó Europa y casualmente se observó un fenómeno de floración masiva de 'Posidonia

oceanica' en todo el Mediterráneo occidental, que causó que las playas se llenaran de miles de frutos (olivas) de esta especie.

Los resultados de este experimento permiten relacionar este evento puntual de floración masiva con el incremento de la temperatura del agua causado por la ola de calor.

Por otro lado, la inducción de la reproducción sexual de posidonia por la temperatura puede tener importantes implicaciones para el conocimiento de la ecología de esta especie y de su capacidad de adaptación al cambio climático en las próximas décadas, apuntan los investigadores.

Solo las plantas procedentes de las praderas de Cataluña, expuestas a mayor temperatura, han florecido en los tanques del centro

Es la primera vez que se evidencia el efecto del aumento del calor sobre la especie



Una de las posidonias florecidas en los tanques del Centro Oceanográfico de San Pedro; arriba, detalle de la flor. ■ M.