

Proyecto de restauración de las praderas de *Cymodocea nodosa* (Seba) en los Corrales de Rota y su entorno.

Segundo informe

Ignacio Hernández Carrero, Estela Lalueza Broto, Javier Moreno-López, Isabel Casal Porras, Juan José Vergara Oñate, María Ruíz Maíz, Kimberly Muñoz Jiménez, Alba Yamuza Magdaleno, Tomás Azcárate García, Tory Pritchard, Fernando G. Brun Murillo.

Laboratorio de Carbono Azul. Área de Ecología Universidad de Cádiz. bluecarbonlab@uca.es



1. Introducción.

Las actuaciones para evaluar la posible restauración de las praderas de los Corrales de Rota comenzaron en enero de 2024 tras el interés del Ayuntamiento de Rota por la firma de un proyecto de colaboración entre este ayuntamiento y el Laboratorio de Carbono Azul de la Universidad de Cádiz. Este segundo informe complementa los trabajos y actividades realizadas en el primer semestre del año (enero-junio), previo a la aprobación por decreto por el Ayuntamiento de Rota (expte. 1024/2024, de 13 de junio de 2024) de la oferta económica que presentamos con fecha de 24 de mayo de 2024. Los primeros trabajos se recogen en un primer informe, entregado en junio de 2024. Este segundo informe incluye además las actuaciones y trabajos llevados a cabo entre los meses de junio y octubre, una vez firmado el contrato por ambas partes. Los trabajos forman parte del contrato (TPM-OT-798) entre el Ayuntamiento de Rota (Delegación de Medio Ambiente) y la Universidad de Cádiz (Laboratorio de Carbono Azul del Área de Ecología) titulado "Proyecto de restauración de las praderas de *Cymodocea nodosa* (Seba) en los Corrales de Rota y su entorno". Este proyecto se realiza en la ZEC (Zona de Especial Conservación) ES6120023 incluida en la Red Natura 2000. En este espacio, concretamente en el interior del Corral de San Clemente, existían restos de una antigua pradera de *Cymodocea nodosa* (Arias 2007, Arroyo et al. 2015), la cual cubría una larga superficie (Arias 2005) pero que sufrió una regresión por causas diversas, entre las que se encuentra la pérdida de calidad del agua debido a episodios de contaminación o al marisqueo por encima de la capacidad de regeneración de la pradera. Queda una pequeña extensión de pradera en el exterior de los corrales, según nos han manifestado desde la asociación de corraleros, a la cual no hemos podido acceder aún por su difícil acceso a pie y por los temporales imperantes en este trimestre.

La restauración de las praderas de *C. nodosa* está contemplada en el Plan de Gestión de dicha ZEC, en el objetivo general 2 (alcanzar y/o mantener un grado de conservación favorable del HIC 1110); objetivo operativo 2.1 (velar por el restablecimiento de un grado favorable de conservación del HIC 1110); medida A.2.1.4. (continuar con el seguimiento de *C. nodosa*, de la que se tiene constancia en años anteriores, por si se detectase algún núcleo relicto de pequeña extensión, y en su caso, adoptar las medidas preventivas y de restauración necesarias para el restablecimiento de dichas poblaciones) considerada como prioridad media, por lo que este proyecto se considera de gran relevancia para la conservación de este hábitat.

Dado el interés del Ayuntamiento de Rota en la recuperación de estas praderas, se convenió llevar a cabo una reunión el 30 de noviembre de 2023.

2. Actuaciones previas llevadas a cabo.

2.1. Reunión introductoria. Tuvo lugar el 30 de noviembre de 2023, antes de la redacción del contrato, entre representantes de la Delegación de Transición Ecológica (Concejal de Medio Ambiente y Técnico del Área de Medio Ambiente), la Asociación de Corraleros de Rota (Presidente y Vicepresidente) y el laboratorio de Carbono Azul (investigador responsable). En dicha reunión se acordó la redacción de un documento de trabajo que sirviera de base para el contrato con dicho laboratorio para el desarrollo del proyecto de restauración de las praderas de *C. nodosa* en los Corrales de Rota y su entorno.

2.2. Primera visita. Se realizó el 16 de enero de 2024. En esta visita intentamos acceder a las praderas submareales situadas en el exterior de los corrales, pero no fue posible debido al estado de la mar. Se identificaron algunas especies de macroalgas de los corrales (anexo I), detectándose la presencia de la especie invasora *Rugulopteryx okamuræ* en la parte exterior de los corrales (ver fotografías en el anexo II). Posteriormente visitamos la pequeña pradera relicta de *Cymodocea nodosa* situada en Punta Peginas, que ocupa una extensión en torno a 0,5 hectáreas, en la que se observó una importante invasión por la

citada especie exótica invasora. En esta primera visita no se llevaron a cabo acciones concretas dado que se trató de una primera toma de contacto en ambas localizaciones, particularmente para evaluar la posibilidad de obtener plantas donadoras de la pradera de Punta Peginas. Se tomaron imágenes y filmaciones de ambas localidades. La visita sirvió para incluirla como noticia en la web del Departamento de Biología de la Universidad de Cádiz (<https://d138.uca.es/noticia/visita-a-los-corrales-de-rota-para-la-restauracion-de-las-praderas-de-cymodocea-nodosa/>).

2.3. Segunda visita. Se realizó el 13 de febrero de 2024. Se visitó la pradera de Punta Peginas para recolectar de un modo manual e individual, un número reducido de haces apicales y verticales de *Cymodocea nodosa* de forma que el impacto sobre las praderas donadoras sea el mínimo posible. Estos haces se trasladaron a la Universidad de Cádiz para su mantenimiento en condiciones controladas. Los haces se replantaron en distintos medios de cultivo experimentales que se colocaron sobre una base de sedimento arenoso-fangoso. Las bandejas con el sistema completo se trasladaron posteriormente a un sistema de canalización en circuito cerrado (*raceway*) para permitir su crecimiento y el enraizamiento de los haces recolectados. Cada bandeja se constituye de cara al futuro como una unidad de plantación. El *raceway* está localizado en las instalaciones de Marambay, en el saco interno de la bahía de Cádiz, y lo usan investigadores de la Universidad de Cádiz para distintos experimentos.

Durante la visita se estimó la densidad de haces de la pradera mediante conteo directo en un área mínima de 20x20 cm dividida en 4 cuadrantes de 10x10 cm. Esta área mínima se lanzó al azar sobre la pradera en 20 lugares diferentes. Además, se tomaron fotografías de alta resolución, lo que permite estimar la densidad de haces de *C. nodosa* en la pradera. El procesado de las imágenes arrojó una densidad media de 1.386 ± 105 haces m^{-2} .

Por otra parte, se procedió al arranque meticuloso de talos de *R. okamurae* que medran en la pradera de *C. nodosa* y que incluso crecían sobre los propios rizomas de la especie. Se recogieron 2 kg de peso fresco que servirán para la identificación y cuantificación de compuestos orgánicos de interés de esta macroalga. Finalmente se procedió a tomar fotografías y filmaciones del entorno. En el anexo II se incluyen distintas fotografías de ambas localidades.

Posteriormente, y tras el traslado a los corrales, se realizó un recorrido por el Corral de San José (En medio) y por el Corral de San Clemente para la identificación de zonas propicias donde poder desarrollar las labores de restauración.

2.4. Tercera visita. Se realizó el 12 de marzo de 2024. Se realizó un recorrido por el exterior de los corrales de Enmedio y Chiquito para intentar localizar la pradera de *C. nodosa*, lo cual no fue posible por la turbidez del agua tras los recientes temporales, a pesar de realizar la visita en un día de alto coeficiente de marea. Se tomaron de nuevo muestras de macroalgas para su identificación, y se fotografiaron y filmaron distintos hábitats y especies de macroalgas y fauna, mostrando la zona una alta diversidad para ambos en las zonas más externas de los corrales. En el recorrido se identificaron zonas posibles para la implantación de las estructuras de plantación de las unidades mantenidas en Marambay. Se identificaron como zonas propicias los pasillos a derecha e izquierda del Corral Chico.

Posteriormente se volvió a visitar la pradera de Punta Peginas para recolectar de un modo manual e individual una nueva tanda de haces apicales y verticales de *C. nodosa* para ser trasplantados en las unidades de plantación. Estos haces se procesaron como en la visita realizada en el mes de febrero.

Se procedió de nuevo al arranque de talos de *R. okamurae* de la pradera para la mejora de su estado. Se recogieron 2,1 kg de peso fresco que se trasladaron a un contenedor de residuos orgánicos. Se procedió además a tomar fotografías y filmaciones de la pradera.

Las unidades de plantación se encuentran creciendo con éxito en el *raceway* (ver fotografías en el anexo II), enraizándose los haces de *C. nodosa* en los distintos medios de cultivo ensayados, lo que contribuirá a que puedan soportar las fuertes condiciones hidrodinámicas que hay en la zona. A lo largo de la primavera se trasladarán a los Corrales para su colocación y seguimiento.

Posteriormente se realizó un recorrido por los corrales de Enmedio, Chico, Chiquillo y San Clemente para la identificación de zonas propicias para comenzar las labores de restauración.

2.5. Cuarta visita. Se realizó el 29 de marzo de 2024. Se realizó un recorrido por la parte exterior de los distintos corrales, hasta los más cercanos al hotel Playa de la Luz, durante el temporal Nelson que asoló la provincia en esa fecha. Se tomaron videos y fotografías de las zonas de mayor oleaje y de las zonas calmas en los corrales con el objetivo de analizar la idoneidad de las zonas previamente seleccionadas para llevar a cabo la experiencia de trasplante. Se esperó a que subiera la marea para observar las zonas de rompiente de olas, y las zonas con menor hidrodinámica en los corrales y en las cercanías. Se buscó también en el material de arribazón la presencia de haces y/o hojas de *C. nodosa* que pudiera indicar la presencia de alguna población de gran tamaño no identificada. No se encontró ningún rastro de *C. nodosa* en los arribazones presentes a lo largo de la línea de costa, aunque si una gran cantidad de macroalgas y de fauna arrojada (holoturias, aplisias, estrellas de mar, huevos de choco, rayas, pintarajas y caracolas, entre otros).

2.6. Quinta visita. Se realizó el 7 de junio de 2024. Se trasladaron las unidades de plantación desde las instalaciones de Marambay para su trasplante entre el Corral de San José o Enmedio y el Corral Chiquillo, en las coordenadas 36.6301199 N, -6.3952208 O. El trasplante se ha realizado cuando las condiciones ambientales empiezan a ser más propicias (menor hidrodinámica, mayores niveles de luz y temperatura, etc.). Para favorecer el arraigo de las unidades de plantación se han anclado al sustrato con ayuda de horquillas. Las unidades se han colocado en zonas con cobertura de algas, sobre un sustrato de arena para favorecer su estabilidad y se han rodeado de piedras de mediano tamaño para frenar la hidrodinámica. Dada la alta capacidad de colonizar un área en un periodo relativamente corto de tiempo (Brun et al. 2006), bajo condiciones ambientales propicias es esperable una buena respuesta de la especie con las actuaciones de restauración llevadas a cabo. Par probar un mejor sistema de anclaje de las estructuras se recogieron lajas de mediano tamaño sobre las que se fijarán con taladro las futuras unidades de plantación. Finalmente, se procedió a tomar fotografías y filmaciones de las operaciones de trasplante.

2.7. Sexta visita. Se llevó a cabo el 21 de junio de 2024. Se revisaron las unidades de plantación colocadas a principios de junio, las cuales se encontraban en buen estado y con algunos haces creciendo ya fuera de las unidades de trasplante. Además, se recogieron lajas de piedra para llevar a Puerto Real. Además, se recolectaron nuevos haces en Punta Peginas para preparar nuevas estructuras de plantación, colocando y atando las planchas de fibra de coco con las plantas crecidas en Marambay directamente sobre las lajas. De esta forma se espera un enraizamiento más probable de las plantas cuando se vuelvan a colocar en los Corrales.

2.8. Séptima visita. Se realizó el 23 de julio de 2024. Se plantaron las nuevas estructuras ligadas a lajas con las plantas recolectadas el mes anterior. Se observaron aún plantas fijadas en el mes de marzo, aunque a su vez, no se pudieron observar algunos de los trasplantes del mes de junio.

2.9. Octava visita. Se realizó el 20 de agosto de 2024. Se revisaron las unidades de plantación colocadas anteriormente, observándose aún plantas fijadas en las distintas unidades trasplantadas. Los haces que sobrevivían tenían un tamaño de hoja reducido.

2.10. Novena visita. Se realizó el 19 de septiembre de 2024. Se visitó la zona de Punta Peginas para recoger nuevos haces de la pradera de cara a llevar a cabo una nueva plantación.

2.11. Décima visita. Se llevó a cabo el 3 de octubre de 2024. Se realizó una visita a todas las unidades de plantación y se pudo observar que una gran mayoría de ellas ya no contenían plantas. Sin embargo, en otras aún quedaban haces vivos en crecimiento. El tamaño de los haces era muy reducido. Se colocaron nuevas estructuras de plantación en pequeños cercados en la misma zona elegida en los anteriores muestreos.

3. Otras actuaciones realizadas o previstas.

Los haces terminales y apicales trasplantados en el sistema de canalización en circuito cerrado se van a complementar con plantas germinadas en los viveros naturales del saco interno de la bahía de Cádiz creados a través de proyectos de investigación en curso. Estas plantas han sido germinadas a partir de semillas obtenidas de las praderas de *C. nodosa* del saco interno de dicha bahía y mantenidas en cultivo en esteros naturales.

Tras la primera plantación se hará un seguimiento temporal de las unidades de trasplante analizando el cambio en densidad de haces, aparición de nuevos haces, acumulación de sedimento en la zona, etc.

El 10 de octubre se llevó a cabo la presentación del proyecto en el Ayuntamiento de Rota ante el Sr. Alcalde de la localidad (D. José Javier Ruiz Arana). Asistió la Vicerrectora de Investigación y Transferencia de la Universidad de Cádiz (Dña. M^a Jesús Ortega Agüera) y miembros de distintos colectivos locales. Intervino el Sr. Alcalde, la Sra Vicerrectora y el investigador principal del proyecto (Ignacio Hernández). El acto fue recogido en distintas fuentes disponibles en la web:

<https://www.aytorota.es/hemeroteca/medio-ambiente/12725-ayuntamiento-y-uca-presentan-el-proyecto-de-recuperacion-de-las-praderas-de-cymodocea-nodosa-de-los-corrales-de-rota-y-su-entorno.html>.

<https://www.uca.es/noticia/la-uca-y-el-ayuntamiento-de-rota-presentan-un-proyecto-pionero-para-la-recuperacion-praderas-fanerogamas-en-los-corrales/>.

<https://www.loscorralesderota.com/rota-y-uca-impulsan-proyecto-pionero-para-restaurar-praderas-marinas-en-los-corrales/>.

<https://vivarota.es/rota-local/1780506/ayuntamiento-y-uca-presentan-el-proyecto-de-recuperacion-de-praderas-fanerogamas/>.

https://www.diariodecadiz.es/noticias-provincia-cadiz/uca-ayuntamiento-rota-unen-recuperar_0_2002561977.html.

<https://d138.uca.es/noticia/la-restauracion-de-praderas-a-examen/>

Además, el proyecto se explicó posteriormente en una entrevista realizada al investigador principal del proyecto en la emisora Canal Sur Radio.

El proyecto se va a complementar el próximo 13 de noviembre en el Hotel Playa Luz con actividades de difusión hacia la ciudadanía de Rota (población residente, visitantes, escolares...). En esta actividad de difusión se enseñará el valor de las praderas de *Cymodocea nodosa* en cuanto a la importancia de los servicios ecológicos, incluyendo la importancia del secuestro de carbono. Sobre esta difusión, el

Laboratorio de Carbono Azul cuenta con una amplia experiencia, así como diversos materiales didácticos. Tanto el proyecto como las actividades de difusión se publicitarán a través de redes sociales y la elaboración un video divulgativo de las actividades desarrolladas durante los trabajos de restauración.

Se han llevado a cabo entrevistas informales con varios miembros de la asociación de Corraleros de Rota para conocer cómo ha evolucionado el sistema en los últimos decenios. A destacar también la entrevista con D. José Hernández Botella, vecino de la localidad, quien atesora un largo conocimiento de los corrales y quien no ha suministrado un Estudio Ambiental (del Castillo y Daza, 1998) y diversos recortes de prensa en el que se describe el papel de los cebadales a mediados del siglo pasado en el mantenimiento de la biodiversidad de los corrales.

En el último informe se incluirán recomendaciones finales de cara a la posible continuidad de los trabajos durante 2025. El proyecto ha suscitado un enorme interés en la Oficina de Cambio Climático de la Consejería de Sostenibilidad y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y se va a presentar como caso de buenas prácticas en el marco del proyecto Interreg NACAO (Nature-Based Carbon Offset; <https://www.interregeurope.eu/nacao>) en las Jornadas de este proyecto que se celebrarán durante el mes de noviembre en la ciudad de Bremen (Alemania).

4. Referencias.

Arias A (2005). El Monumento Natural de Andalucía Corrales de Rota. Colección Rabeta Ruta 10, 351 pp.

Arias A (2007). Valores ecológicos y culturales del Monumento Natural de Andalucía Corrales de Rota. En: El patrimonio natural y cultural de Rota (Cádiz) y su conservación. Ruiz de Lacanal (ed.). Universidad de Cádiz, Servicio de Publicaciones, pp. 55-78.

Arroyo MA, Barraón A, Brun FG, del Castillo F, De la Rosa J, Díaz-Almela E, Fernández-Casado M, Hernández I, Moreno D, Pérez-Lloréns JL, Otero MM, Remón JM, Vergara JJ, Vivas MS (2015). Andalucía. En: Atlas de las praderas Marinas de España. Ruiz JM, Guillén JE, Ramos-Segura A, Otero MM (eds). IEO/IEL/UICN, pp. 314-400.

Brun FG, Vergara JJ, Peralta G, García-Sánchez MP, Hernández I, Pérez-Lloréns JL (2006). Clonal building, simple growth rules and phylloclimate as key steps to develop functional–structural seagrass models. *Marine Ecology Progress Series* 323: 133-148.

Del Castillo F, Daza JL (1998). Memoria ambiental para proyecto de construcción y explotación de una granja marina en los Corrales de Rota (T.M. de Rota, Cádiz). Análisis y Estudios del Medio Ambiente. Sevilla.

Anexo I

Listado de especies de macrófitos marinos (macoralgas y angiospermas marinas) identificadas en los corrales de Rota y/o Punta Peginas

Phyllum	Orden/familia	Especie	
Chlorophyta	Bryopsidales/Bryopsidaceae	<i>Bryopsis cupressina</i> J.V.Lamouroux	
	Bryopsidales/Codiaceae	<i>Codium bursa</i> (Linnaeus) C.Agardh	
	Bryopsidales/Derbesiaceae	<i>Halicystis</i> Areschoug (gametofito de <i>Derbesia</i>)	
	Bryopsidales/Halimedaceae	<i>Flabellia petiolata</i> (Turra) Nizamuddin	
	Cladophorales/Cladophoraceae	<i>Chaetomorpha linum</i> (O.F. Müller) Kützing	
	Cladophorales/Valoniaceae	<i>Valonia utricularis</i> (Roth) C.Agardh	
	Ulvales/Ulvaceae	<i>Ulva intestinalis</i> Linnaeus	
Heterokontophyta	Dyctiiales/Dyctyotaceae	<i>Rugulopteryx okamurae</i> (E.Y.Dawson) I.K.Hwang, W.J.Lee & H.S.Kim	
	Fucales/Sargassaceae	<i>Cystoseira compressa</i> (Esper) Gerloff & Nizamuddin	
	Sphacelariales/Stypocaulaceae	<i>Halopteris scoparia</i> (Linnaeus) Sauvageau	
	Tilopteridales/Cutleriaceae	<i>Cutleria multifida</i> (Turner) Greville	
Rhodophyta	Ceramiales/Ceramiaceae	<i>Pterothamnion crispum</i> (Ducluzeau) Nägeli	
	Ceramiales/Wrangeliaceae	<i>Halurus flosculosus</i> (J.Ellis) Maggs & Hommersand	
	Ceramiales/Rhodomelaceae	<i>Halopithys incurva</i> (Hudson) Batters	
	Ceramiales/Rhodomelaceae	<i>Osmundea pinnatifida</i> (Hudson) Stackhouse	
	Ceramiales/Wrangeliaceae	<i>Halurus flosculosus</i> (J.Ellis) Maggs & Hommersand	
	Corallinales/Lithophyllaceae	<i>Amphiroa cryptarthodia</i> Zanardini	
	Corallinales/Lithophyllaceae	<i>Lithophyllum incrustans</i> Philippi	
	Corallinales/Corallinaceae	<i>Ellisolandia elongata</i> (J.Ellis & Solander) K.R.Hind & G.W.Saunders	
	Corallinales/Corallinaceae	<i>Jania rubens</i> (Linnaeus) J.V.Lamouroux	
	Gigartinales/Sphaerococcaceae	<i>Sphaerococcus coronopifolius</i> Stackhouse	
	Hapalidales/Mesophyllumaceae	<i>Mesophyllum lichenoides</i> (J.Ellis) Me.Lemoine	
	Hildenbrandiales/Hildenbrandiaceae	<i>Hildenbrandia rubra</i> (Sommerfelt) Meneghini	
	Peyssonneliales/Peyssonneliaceae	<i>Peyssonnelia</i> sp.	
	Plocamiales/Plocamiaceae	<i>Plocamium cartilagineum</i> (Linnaeus) P.S.Dixon	
	Rhodymeniales/Lomentariaceae	<i>Lomentaria articulata</i> (Hudson) Lyngbye	
	Rhodymeniales/Rhodymeniaceae	<i>Botryocladia botryoides</i> (Wulfen) Feldmann	
	Tracheophyta	Alismatales/Cymodoceae	<i>Cymodocea nodosa</i> (Ucria) Ascherson 1870

Anexo II. Fotografías.



Foto 1. Prospección para localizar lugares propicios para el anclaje de unidades de plantación en los Corrales.

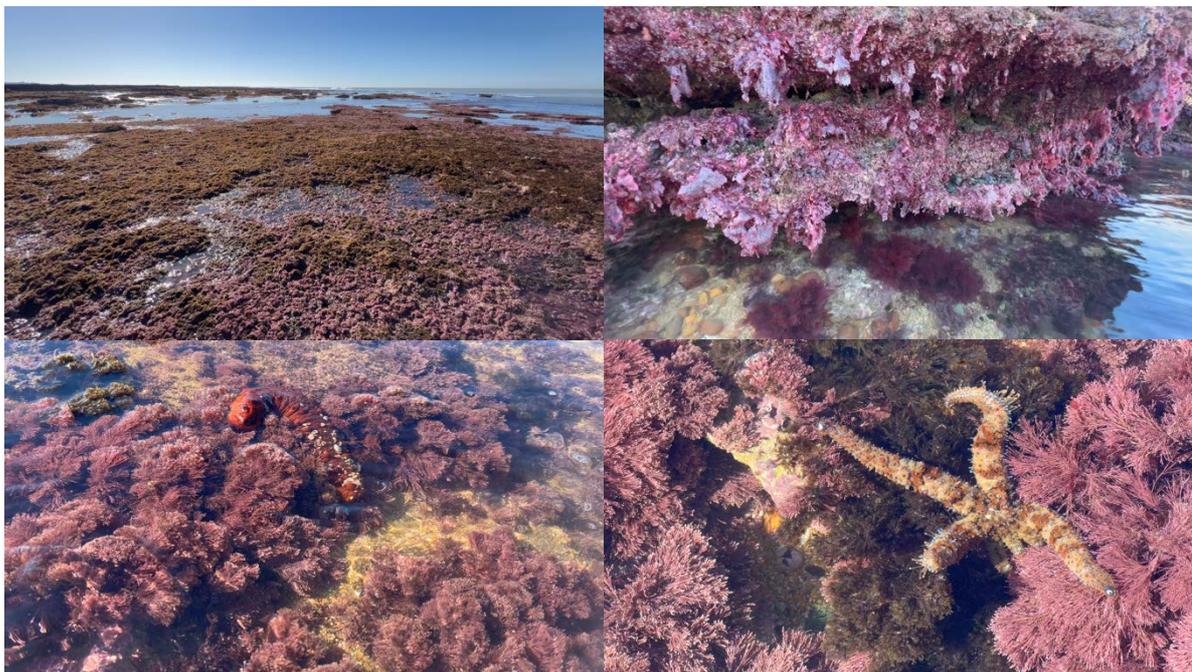


Foto 2. Límite exterior de los corrales de Rota mostrando la diversidad de hábitats, flora y fauna.



Foto 3. Punta Peginas en bajamar. Localización de la pradera de *C. nodosa* en el corral de Luna.



Foto 4. Imagen de la pradera de *Cymodocea nodosa* durante el invierno.



Foto 5. Imagen a mayor detalle de *Cymodocea nodosa* en Punta Peginas.



Foto 6. Conteo del número de haces en la pradera de Punta Peginas y detalle del marco utilizado.



Foto 7. Comparación de una parcela antes y después de la retirada del alga invasora *Rugulopteryx okamurae*.



Foto 8. Imagen de la pradera en la que se observa abundante colonización por *Rugulopteryx okamurae*.



Foto 9. Imagen del procesamiento en laboratorio de los haces recogidos de *Cymodocea nodosa* y ensayo con distintos métodos de cultivo.

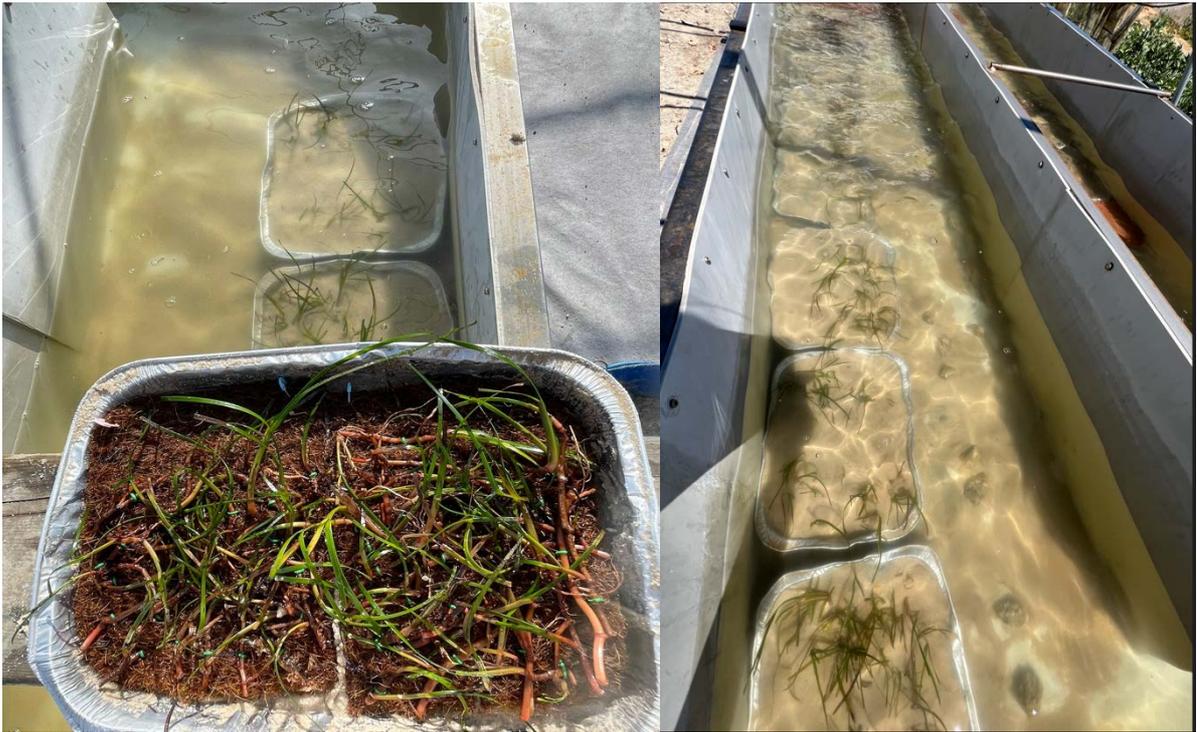


Foto 10. Unidad de plantación sobre malla de coco y unidades colocadas en el *raceway* del Marambay.



Foto 11. Corrales en marea baja y alta durante el temporal Nelson



Foto 12. Unidades de trasplante mantenidas en el Marambay donde se observa el crecimiento radicular dentro de las mallas de coco.

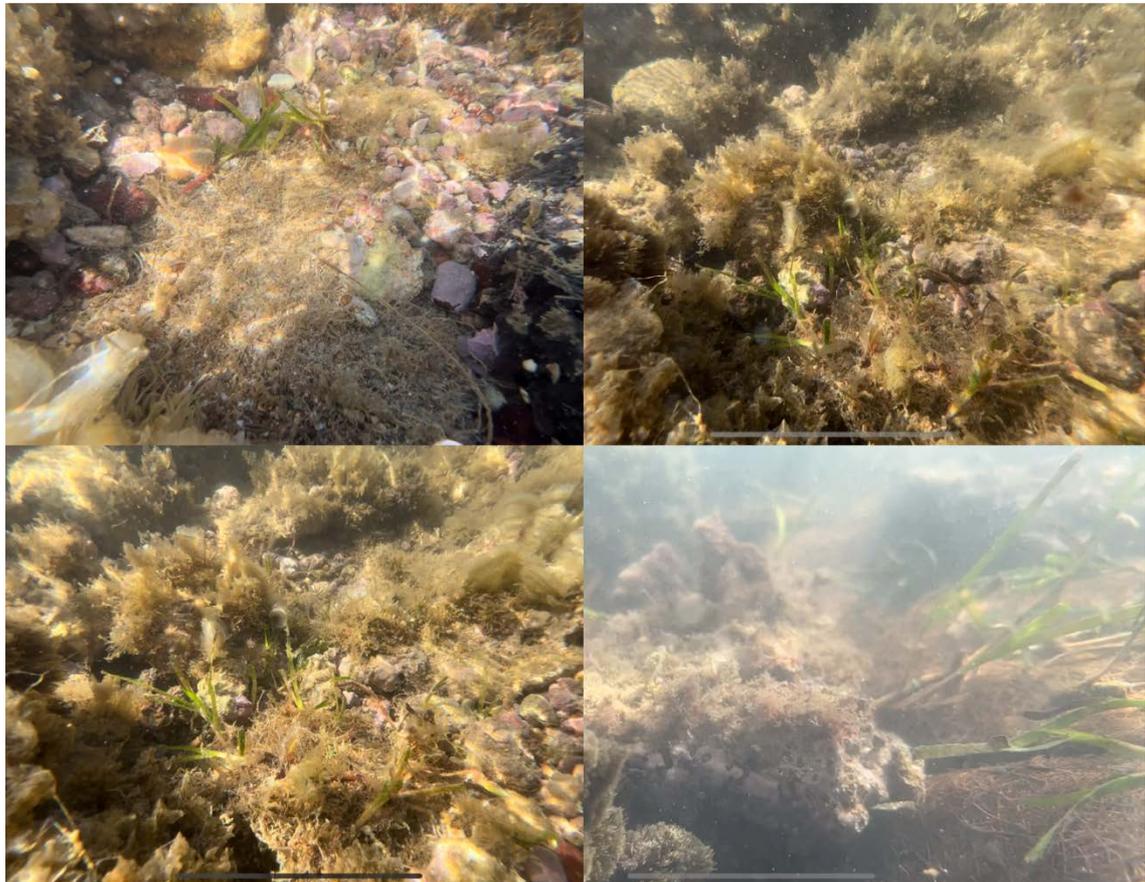


Foto 13. Unidades de trasplante tras 3 meses en los corrales, observándose aun haces en crecimiento.

Enviado a la Delegación de Transición Ecológica del Ayuntamiento de Rota el 31 de octubre de 2024