

CORAL 3D: PROYECTO DE APRENDIZAJE ENFOCADO A LA RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN DE HÁBITATS CORALINOS DE LA REGIÓN DE MURCIA MEDIANTE TECNOLOGÍAS DE IMPRESIÓN 3D Y EL EMPLEO DE RESIDUOS DEL SECTOR DEL MÁRMOL

Acción 4. Fuente de verificación FV4.1.

Informe descriptivo y técnico del método de sujeción idóneo seleccionado



Con el apoyo de:



Asociación Empresarial Centro Tecnológico del Mármol, Piedra y Materiales

Departamento de Construcción Sostenible e Industria 4.0



CORAL 3D: Proyecto de aprendizaje enfocado a la restauración y conservación de hábitats coralinos de la Región de Murcia mediante tecnologías de impresión 3D y el empleo de residuos del sector del mármol.

Realizado con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica



Las opiniones y documentación aportadas en esta publicación son de exclusiva responsabilidad del autor o autores de los mismos, y no reflejan necesariamente los puntos de vista de las entidades que apoyan económicamente el proyecto.



VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Fundación Biodiversidad



ÍNDICE

1. Objetivos	2
2. Formas de asentamiento de corales a sustratos artificiales	2
2.1. Fijación directa	2
2.1.1. Algunos ejemplos de técnicas empleadas para la fijación de corales en sustratos rocosos en España	2
2.2. Fijación mediante palca de asentamiento	4
3. Protocolo de sujeción de corales a emplear en el proyecto CORAL3D.....	5
3.1. Trasplante de los corales recolectados al arrecife artificial mediante las placas de pre-acondicionamiento.....	5
3.2. Fijación de fragmentos de roca ya colonizada	7

CORAL 3D: Proyecto de aprendizaje enfocado a la restauración y conservación de hábitats coralinos de la Región de Murcia mediante tecnologías de impresión 3D y el empleo de residuos del sector del mármol. Con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

1. Objetivos

El objetivo de este informe es estudiar las distintas formas existentes para fijar los corales a la estructura del arrecife artificial, con tal de seleccionar, finalmente, el más idóneo.

2. Formas de asentamiento de corales a sustratos artificiales

Los fragmentos o corales objeto de restauración y que serán colocados en el arrecife artificial directamente, deben ser fijados firmemente, pues el desprendimiento de los mismos puede ser la principal causa de muerte de los corales (Souter et al., 2020). Una vez el fragmento de coral ha crecido sobre la superficie del arrecife artificial y se ha adherido correctamente, el riesgo de desprenderse es mucho menor. Este proceso de auto-fijación puede ocurrir dentro de unas semanas hasta algunos meses (Souter et al., 2020).

2.1. Fijación directa

La fijación puede hacerse utilizando distintos materiales como cemento, adhesivos y pegantes, clavos, alambre de acero inoxidable, alambre con aislamiento y sujeta-cables (Souter et al., 2020). El método más efectivo dependerá del tamaño y forma de los trasplantes, la exposición del hábitat a las corrientes o a la acción del oleaje y la naturaleza del sustrato del arrecife artificial (Souter et al., 2020).

Los métodos más comunes y fáciles de utilizar son las resinas epoxi marinas (Figura 1) o el cianocrilato (Figura 2), pues han demostrado gran éxito en su eficiencia, están formulados para no ser contaminantes, secan rápido bajo el agua (Dizon, R. M., Edwards, A. J., & Gomez, 2008) y, además, reducen al mínimo la introducción de objetos elaborados por el hombre al arrecife.



Figura 2. Resina epoxi de dos componentes para su uso en agua marina. © Oceans Wonders Fuente: <https://www.oceanswonders.com>



Figura 1. Pistola con pegamento cianocrilato específica para acuariología. ©Maxspect. Fuente: <http://www.maxspect.com/index.php?lang=en>

2.1.1. Algunos ejemplos de técnicas empleadas para la fijación de corales en sustratos rocosos en España

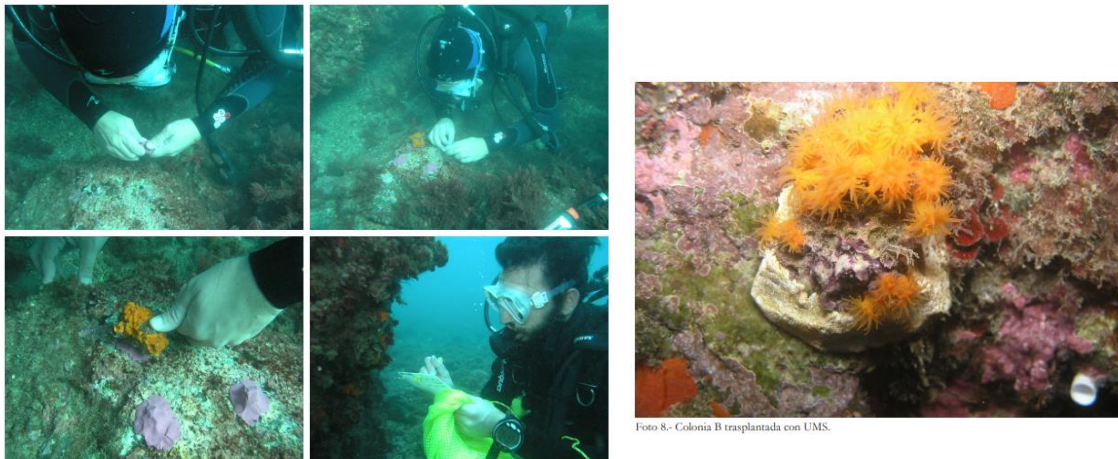
Para elegir el mejor método de sujeción de corales a sustratos rocosos, se ha consultado la bibliografía científica en nuestro país, pues pese a que existen muchos ejemplos de esta técnica empleada en mares tropicales, los corales mediterráneos tienen unas características diferentes.

CORAL 3D: Proyecto de aprendizaje enfocado a la restauración y conservación de hábitats coralinos de la Región de Murcia mediante tecnologías de impresión 3D y el empleo de residuos del sector del mármol. Con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

El primer ejemplo de referencia que nombraremos empleando la técnica de sujeción de corales es el trabajo de restauración de colonias de *Astroides calycularis* (coral naranja) realizado por la Asociación Hombre y Territorio en 2010 en la zona de Marina del Este (Granada) (Terrón-Sigler et al. 2011). La Asociación Hombre y Territorio desarrolla desde 2007 proyectos, iniciativas y propósitos destinados al estudio, conservación y protección de los corales y los hábitats que conforman en el litoral andaluz, como el programa MedCoral.

Otro ejemplo de restauración de colonias de *A. calycularis* apoyado por el Instituto de Estudios Campogibraltareños y realizado en 2017 en la Isla de Tarifa (Cádiz) (Palacios Milambres, 2018) es otro ejemplo de colocación de trasplantes.

En ambos lugares de la costa andaluza, el coral naranja había sufrido un desprendimiento de sus paredes debido a casusas principalmente antrópicas (golpes producidos por buceadores y otros usuarios del mar como pescadores)(Palacios Milambres, 2018; Terrón-Sigler et al., 2011). En los dos trabajos citados se siguió una metodología similar en la que se recolectaron las colonias desprendidas del coral para luego volverlas a colocar en paredes rocosas naturales empleando resinas epoxi de dos componentes de secado bajo el agua (Figura 3 y 4).



Fotos 3-6. Secuencia de fijación y seguimiento de las colonias trasplantadas.

Foto 8.- Colonia B trasplantada con UMS.

Figura 3. Distintas imágenes procedentes de los trabajos realizados en 2010 para la restauración de colonias de *A. calycularis* en Marina del Este (Granada) usando resinas epoxy para su fijado en la pared rocosa. (Terrón-Sigler et al., 2011).



Figura 4. Monitoreo de la restauración de *A. calycularis*, también usando resinas epoxy para su fijado en la pared rocosa, en la Isla de Tarifa (Cádiz) en 2017 (Palacios Milambres, 2018).

CORAL 3D: Proyecto de aprendizaje enfocado a la restauración y conservación de hábitats coralinos de la Región de Murcia mediante tecnologías de impresión 3D y el empleo de residuos del sector del mármol. Con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

Otro ejemplo de colocación de trasplantes empleando estas técnicas con resina epoxi es la llevada a cabo en el año 2011 por el ICM-CSIC, en la que se translocaron colonias de *Corallium rubrum* (coral rojo) procedentes de un decomiso de pesca furtiva para restaurar su hábitat en las Illes Medes (CSIC, 2016) (Figura 5).

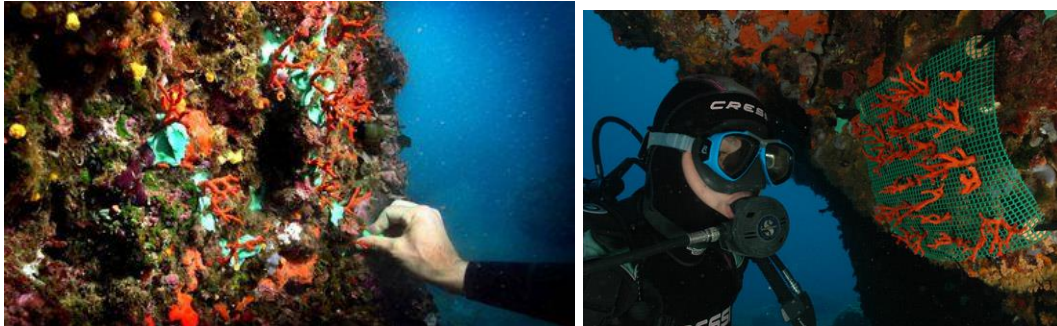


Figura 5. Colonias de *C. rubrum* trasplantadas por el ICM-CSIC en las Illes Medes (CSIC, 2016).

2.2. Fijación mediante palca de asentamiento

Comúnmente, para el cultivo de corales suele usarse una placa o disco de pre-acondionamiento (*coral frags plugs*) sobre los que el trasplante o esqueje va creciendo hasta que puede trasladarse al arrecife artificial (Figura 6). Estas placas pueden tener un pequeño taco en la base que sirve para anclar la placa en las rejillas en las que, normalmente, se realiza el cultivo de corales.



Figura 6. Ejemplo de disco de cerámica con taco sobre el que crecerían los fragmentos de coral. ©Oceans Wonders: Fuente: <https://www.oceanswonders.com/>

Estas placas o discos de pre-acondionamiento suelen insertarse en unas rejillas para mantenerlos de manera vertical, que son muy útiles para el mantenimiento de los corales hasta que alcanzan el tamaño adecuado. En la Figura 7, realizada en el acuario de la Universidad de Murcia, el cual ha facilitado al CTM el acuario para el mantenimiento de los corales, puede verse de un ejemplo de crecimiento de corales sobre este tipo de rejillas.



Figura 7. Corales tropicales creciendo sobre rejilla en el acuario de la Universidad de Murcia.

CORAL 3D: Proyecto de aprendizaje enfocado a la restauración y conservación de hábitats coralinos de la Región de Murcia mediante tecnologías de impresión 3D y el empleo de residuos del sector del mármol. Con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

3. Protocolo de sujeción de corales a emplear en el proyecto CORAL3D

El CTM ha elaborado un protocolo para colocar los organismos recolectados en la estructura del arrecife artificial, en base a la bibliografía existente y a las indicaciones recibidas del Acuario de la Universidad de Murcia.

La metodología se basa en dos técnicas: por un lado, la utilización de las placas o discos de pre-acondicionamiento de cerámica para corales, mencionadas anteriormente; por otro lado, el empleo de fragmentos de roca ya colonizada en el acuario.

3.1. Trasplante de los corales recolectados al arrecife artificial mediante las placas de pre-acondicionamiento

Esta primera opción mencionada, y la que consideramos que será la más utilizada en este proyecto, se basa en cultivar los corales, desprendidos o procedentes de la pesca accidental recolectados, en estos soportes de cerámica (Figura 8), situados en rejillas y mantenidos en el Acuario de la Universidad de Murcia.



Figura 8. Soportes de cerámica específicos para el crecimiento y trasplante de corales. Imagen propiedad de Oceans Wonders: <https://www.oceanswonders.com/catalog/item/5834473/5703637.htm>

Una vez asentados y cuando hayan alcanzado un tamaño adecuado, los corales, en su placa, se trasplantarán al arrecife artificial.

Para que lo anterior pueda realizarse, se han conferido agujeros con taladro a la estructura fabricada. Estos agujeros se han realizado manualmente con una broca del tamaño del taco de la placa de asentamiento y se han practicado por la totalidad de la superficie de la estructura artificial, incluidas las oquedades y cuevas ya creadas por la maquinaria CNC (Figura 9). Esto creará una base para introducir las placas.



Figura 9. Agujeros practicados con broca por toda la superficie del arrecife artificial para insertar la placa de asentamiento con los corales, una vez esté fondeada la estructura.

Las placas de asentamiento con los corales serán fijadas a los agujeros con cianocrilato, empleando una pistola específica para ello, en la inmersión de colocación de corales que se realice, una vez el arrecife esté fondeado. En esta inmersión, los corales serán transportados en sus placas de pre-acondicionamiento con sus rejillas en cajas de plástico con cierre por los buzos hasta el lugar de fondeo de la estructura artificial. Luego, con la pistola de cianocrilato, serán fijados a las oquedades practicadas en la superficie. En la Figura 10 pueden observarse los materiales adquiridos en el proyecto para realizar esta labor.



Figura 10. Materiales adquiridos en el proyecto para realizar la fijación de los corales al arrecife artificial.

CORAL 3D: Proyecto de aprendizaje enfocado a la restauración y conservación de hábitats coralinos de la Región de Murcia mediante tecnologías de impresión 3D y el empleo de residuos del sector del mármol. Con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

3.2. Fijación de fragmentos de roca ya colonizada

Esta segunda opción considerada se basa en fijar fragmentos de roca ya colonizada por los corales a la superficie del arrecife artificial, aumentando así su superficie. La fijación se realizaría mediante la resina epoxi de dos componentes también adquirida en el proyecto, utilizando la cantidad necesaria según el tamaño de la roca a fijar.

Esta opción se ha contemplado debido a que algunos corales, una vez llevados al Acuario de la Universidad de Murcia, se han asentado directamente en fragmentos de roca para su crecimiento, como puede verse en la Figura 11, con el coral *Leptopsammia pruvoti*, objeto de la restauración del proyecto.

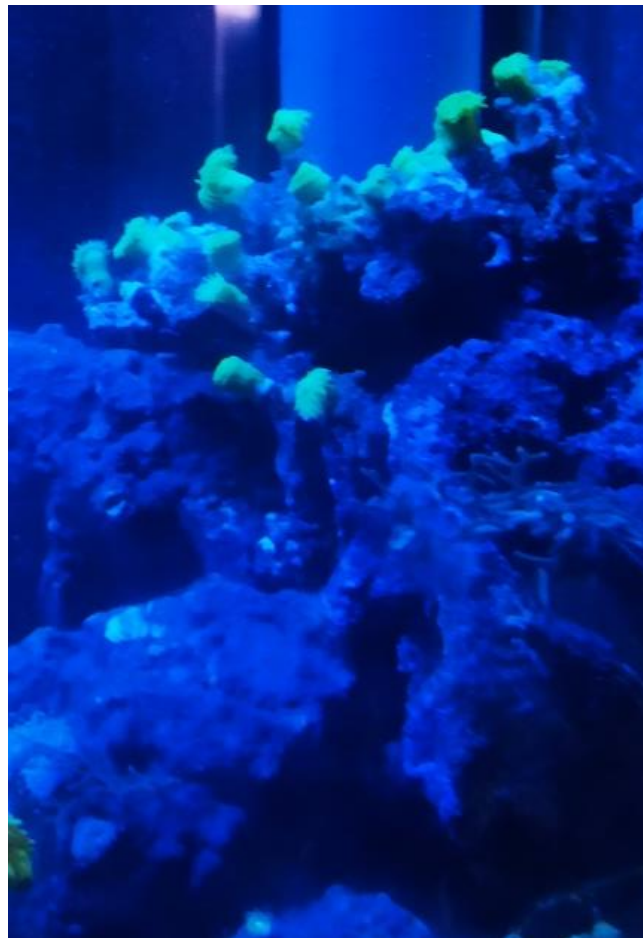


Figura 11. Fragmentos de *L. pruvoti* recogidos en la Reserva Marina de Cabo Tiñoso y colocados en rocas del acuario para su crecimiento.

Para su transporte y manejo en la embarcación, se contará también con una nevera con termómetro, una caja plástica para la inmersión y una rejilla en la que situarán los fragmentos rocosos con los corales a trasplantar.