

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 1. Fuente de verificación FV1.1.

Informe de resultados que compila la capacidad de adaptabilidad de 5 especies de coral de la Región de Murcia en soportes de arrecifes artificiales con una alta composición en CaCO_3



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 y el Reto Demográfico



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.

ÍNDICE

1. Objetivos	1
2. Corales.....	1
2.1. Definición del término coral.....	1
2.2. El esqueleto de los corales duros y los beneficios de los sustratos ricos en CaCO ₃	1
2.3. La importancia de los corales en nuestros mares y las acciones de restauración	2
3. Listado de especies seleccionadas	3
3.1. <i>Astroides calycularis</i> (coral naranja)	4
3.2. <i>Balanophyllia europaea</i> (coral taza)	5
3.3. <i>Leptopsammia pruvoti</i> (coral amarillo).....	5
3.4. <i>Eunicella singularis</i> (gorgonia blanca)	6
3.5. <i>Myriapora truncata</i> (falso coral).....	7
4. Referencias.....	8

1. Objetivos

Este informe tiene como objetivo ofrecer como resultado un estudio sobre la posible capacidad de adaptabilidad y reproducción de cinco especies de coral de la Región de Murcia en soportes de arrecifes artificiales con alta composición en carbonato cálcico (CaCO_3).

2. Corales

2.1. Definición del término coral

El término “coral” no tiene un significado taxonómico y en él se incluyen diferentes tipos de organismos marinos (Aguilar, 2007). Se trata de animales denominados pólipos, que pueden ser solitarios o coloniales, generalmente pertenecientes a la clase Anthozoa del filo Cnidaria. Por otra parte, dentro del término general de “coral”, a veces se incluyen especies de “falsos corales”, pertenecientes a la clase Hydrozoa (orden Anthoathecata) y del filo Bryozoa (familia Myriaporidae), ya que poseen un esqueleto cuya composición se asemeja a los “corales verdaderos”.

Los corales de la clase Anthozoa, se subdividen en dos subclases: los octocoralarios y los hexacoralarios. Los octocoralarios se separan en 5 órdenes: estoloníferos (corales órgano y corales helecho), alcionarios (corales blandos), gorgonáceos (gorgonias), helioporarios o coenotecalios (corales azules) y pennatularios o pennatuláceos (plumas de mar). Los hexacoralarios se dividen en siete órdenes: actiniarios (anémonas), escleractinios o madreporarios (corales duros), ceriantarios (anémonas tubo), antipatarios (corales negros), coralimorfarios (anémonas corales), zoantidos o zoantarios (anémonas coloniales) y ptychodactuarios.

Las estructuras arrecifales de grandes extensiones o barreras coralinas son típicas de mares tropicales y subtropicales, y se forman gracias a la presencia de determinadas especies de corales escleractinios. En el Mediterráneo, existen algunas especies de antozoos coloniales capaces de crear arrecifes, pero son muy escasas y tampoco llegan a crear las citadas barreras (Aguilar, 2007). Sin embargo, existen otras muchas especies adaptadas a las condiciones de este mar, que posee temperaturas más bajas, niveles de nutrientes más altos y variaciones de los parámetros ambientales más pronunciadas (Ferrier-Pages, C., Reynaud, S., & Allemand, 2012).

En este proyecto, CORAL3D, nos hemos centrado en los denominados corales duros, es decir, antozoos escleractinios o madreporarios, también en los antozoos gorgonáceos y ciertos briozoos (“falsos corales”) con esqueleto carbonatado, ya que todos presentan una alta composición de CaCO_3 en sus estructuras. La búsqueda de esta característica está relacionada con el tipo de sustrato artificial que va a proporcionarse, como se explica más adelante.

2.2. El esqueleto de los corales duros y los beneficios de los sustratos ricos en CaCO_3

El esqueleto duro que algunos antozoos, hidrozooos y briozoos pueden formar es el resultado de un proceso de edificación mediante la precipitación de CaCO_3 presente en el agua del mar (Figura 1) (Eyre et al., 2014). Según el tipo de organismo, la forma de precipitar este compuesto puede variar. Por ejemplo, en el caso del esqueleto de los corales escleractinios, el CaCO_3 cristaliza en forma de aragonito (Cohen & McConnaughey, 2003), siendo esa mineralización muchas veces favorecida por la presencia de zooxantelas (algas simbiotes) que viven en sus tejidos (Stanley, 2003). Otros corales utilizan compuestos de proteínas, carbohidratos y

alógenos, como la gorgonina, para formar un esqueleto córneo que, en ocasiones, presenta también espículas calcáreas (Goldberg, 1978). Este tipo de esqueleto le otorga mayor flexibilidad. También existen antozoarios que tienen esqueleto blando, como los zoantarios, aunque algunos de ellos incorporan estructuras duras.

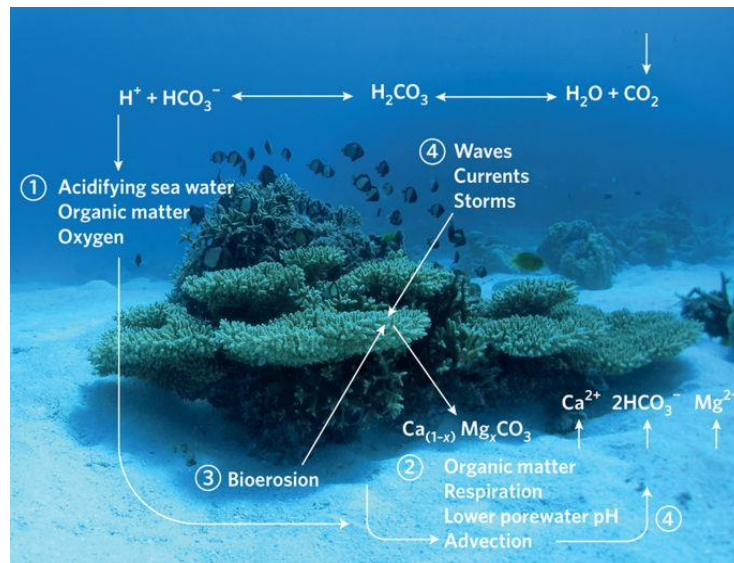


Figura 1. Modelo conceptual de los factores que controlan la precipitación de CaCO_3 (Eyre, Andersson, & Cyronak, 2014).

El proyecto CORAL3D tiene como propósito utilizar materiales ricos en CaCO_3 procedentes de canteras para la fabricación del arrecife artificial destinado a la restauración con corales. Esto se debe a que diversos trabajos (recopilados por Spieler et al., 2001) concluyen que los sustratos artificiales ricos en CaCO_3 benefician a los organismos con esqueleto duro, como los corales, ya que esta composición se asemeja a la de su hábitat natural. Por otra parte, como se ha comentado anteriormente, el esqueleto de los corales duros también tiene una alta composición en CaCO_3 . Por todas estas razones, se espera que se genere una mayor compatibilidad entre los organismos y el sustrato artificial.

2.3. La importancia de los corales en nuestros mares y las acciones de restauración

Los corales forman parte del hábitat de interés comunitario denominado “1170-Arrecifes” en la Directiva Hábitats (Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres). Este hábitat engloba a los sustratos rocosos marinos y su biodiversidad en las distintas franjas litorales. Su presencia es muy importante, pues da soporte, cobijo y alimento a más de 1 000 especies vegetales y a más de 7 000 de animales, tanto sésiles como móviles (Templado et al., 2009). En el Mediterráneo, los corales también forman parte de las comunidades marinas denominadas precolarígeno y colarígeno de la franja infralitoral y circalitoral. La contribución de gorgonias y corales al coralígeno es importante, ya que fijan e incorporan sedimentos de CaCO_3 y generan una gran biomasa que facilita el asentamiento de otros organismos (Aguilar, 2007). Por ello, los hábitats coralígenos están considerados como el segundo ecosistema bentónico más importante, incluyendo alrededor de 1700 especies (RPA/SPA, 2019).

Los sustratos rocosos marinos también aportan numerosos servicios ecosistémicos, entre ellos: proveen de comida, medios de vida y oportunidades económicas a la gente de más de 100 países en el mundo, protegen las costas de la erosión, son una fuente de turismo y albergan un cuarto de las especies marinas que juegan un papel crítico en el ecosistema costero (UN Environment; ISU; ICRI and Trucost, 2018).

Pese a la gran biodiversidad y beneficios que aporta el hábitat Arrecifes, este presenta un elevado grado de amenaza debido a la fragilidad de las comunidades biológicas asociadas y a las múltiples presiones a las que está sometido. Centrándonos en los corales, están siendo gravemente perjudicados por el cambio climático de distintos modos. Por una parte, debido a la acidificación de las aguas, el proceso de precipitación de CaCO_3 se está viendo alterado (Aguilar, 2007). Por otra parte, la elevación de las temperaturas también está ocasionando la muerte de las zooxantelas en simbiosis con algunas especies (Aguilar, 2007). Por último, el cambio climático está propiciando la aparición y extensión de enfermedades que pueden afectar a los corales de forma masiva (Aguilar, 2007). Además, existen efectos antrópicos que están agravando su supervivencia como: el arrancamiento de colonias, la contaminación química, el enterramiento y la colmatación por obras costeras o el impacto de las artes de pesca.

La restauración ecológica, definida como el proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido (Society for Ecological Restoration (SER) International, 2004), es una herramienta muy valiosa para hacer frente a la problemática que enfrentan los corales y mitigar los daños que ocasiona el cambio climático. Por ello, la restauración ecológica es una necesidad presente en muchas directivas y estrategias europeas (Directiva Hábitat, Estrategia Marina de la Unión Europea, Estrategia marina para la demarcación levantino balear, etc.). De modo, las actividades enfocadas a la restauración y conservación de los corales toman gran importancia, siendo este marco en el que se desarrolla el proyecto CORAL 3D.

3. Listado de especies seleccionadas

Para cumplir con los objetivos de esta Acción 1, principalmente, para la selección de las especies hemos valorado, por un lado, la presencia de un esqueleto carbonatado, ya que consideramos que podrían tener más éxito en el asentamiento sobre el sustrato. Por ello, nos hemos centrado en aquellas especies de antozoos hexacelarios y gorgonáceos y, también, en algunos briozoos de esqueleto duro o falsos corales. Por otro lado, hemos valorado la capacidad de adaptación y reproducción de las especies en las costas de la Región de Murcia.

Teniendo en cuenta las dos características generales anteriores, hemos establecido tres criterios para elegir las cinco especies candidatas del proyecto:

1. Las especies seleccionadas deben ser comunes de las franjas infralitoral-circalitoral, pues en las profundidades comprendidas por las mismas (20-40m), es donde será instalado el arrecife artificial. Esto es importante debido a que las especies son sensibles a la temperatura y luminosidad, condicionadas, en gran parte, por la profundidad. Por tanto, se han descartado aquellos corales mediterráneos que, por profundidad (más de 20-30m), condiciones de luz (fondos umbríos) y temperatura (fría), no se ajustan a las características del área de colocación del arrecife.
2. Facilidad de extracción de las especies (una vez otorgados los permisos necesarios) en su medio natural mediante métodos no invasivos (especies desprendidas) o posibilidad de recogerlas de redes de pescadores.

3. Facilidad de mantenimiento de la especie en acuario, lugar donde estarán los organismos recogidos hasta que se produzca el fondeo del arrecife artificial.

En la Región de Murcia existen numerosos hexacorarios y briozoos de esqueleto duro que cumplirían con los anteriores criterios, pero ciñéndonos a cinco especies candidatas, se han considerado las siguientes:

- *Astroides calycularis* (coral naranja)
- *Balanophyllia europaea* (coral taza)
- *Leptopsammia pruvoti* (coral amarillo)
- *Eunicella singularis* (gorgonia blanca)
- *Myriapora truncata* (falso coral)

A continuación, se comentarán las características de cada una de ellas.

3.1. *Astroides calycularis* (coral naranja)



Figura 2. *Astroides calycularis*. ©Club d'Immersió Biologia (<https://www.cibsub.cat/>)

- Especie endémica Mediterráneo.
- Se la considera en el Catálogo Español de Especies Amenazadas como *Vulnerable*.
- Incluida en el CITES (Anexo II).
- Incluida en Convenio de Berna (Anexo II)¹.
- Incluida en BARCON (Anexo II)².
- Especie colonial de vivo color anaranjado, que forma masas almohadilladas más o menos redondeadas, de hasta 10cm de altura y 25cm de diámetro. Los pólipos, de hasta 1cm de diámetro y con unos 30 tentáculos, están muy juntos y tienen los cálices cementados en casi toda su longitud. Presentan unos 30 septos rectos y muy estrechos, que no sobresalen del cáliz. La columnella está muy desarrollada, estando formada por numerosas laminillas fusionadas. Especie sin zooxantelas (Terrón-Singler et al., 2018).
- Fecundación interna. Especie gonocórica. Fecundación de abril a mayo y liberación de la plánula en junio (Goffredo et al., 2011).
- Profundidad: propia del infralitoral (hasta unos 30m).
- Temperatura 15-20°C.
- Fondos rocosos medianamente umbríos y moderado hidrodinamismo.

¹ *Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats (Bern Convention)*(COE, 2019).

² Convención de Barcelona para la protección de Mediterraneo (UN Enviroment, 2019).

3.2. *Balanophyllia europaea* (coral taza)



Figura 3. *Balanophyllia europaea*. ©Club d'Immersió Biologia (<https://www.cibsub.cat/>)

- Endémica Mediterránea.
- Incluida en el CITES (Anexo II)
- Pólipos solitarios de forma elíptica y de hasta 3 cm de altura y 2 cm de diámetro. Su color pardo amarillento depende de las zooxantelas simbiotas. Se fija al sustrato por medio de una placa basal aplanada más ancha que la teca. Teca porosa y recubierta por una epiteca bien desarrollada. El bode del cáliz está engrosado. Coral ahermatípico (Goffredo et al., 2004).
- Reproducción interna. Especie hermafrodita. De mayo a junio se produce la fertilización, y de agosto a septiembre la plánula (Goffredo et al., 2004).
- Profundidad: infralitoral superior (10-30m)
- Temperatura: 15-25°C.
- Fondos rocosos, iluminados y con moderado o fuerte hidrodinamismo.

3.3. *Leptopsammia pruvoti* (coral amarillo)



Figura 4. *Leptopsammia pruvoti*. ©Club d'Immersió Biologia (<https://www.cibsub.cat/>)

- Incluida en el CITES (Anexo II).
- Pólipos solitarios, aunque se pueden presentar muy juntos entre sí, recubriendo muy densamente el sustrato. Vivo color amarillo de 3cm de altura y 2 cm de diámetro. El endoesqueleto es casi cilíndrico, con una placa basal algo más ancha. La pared del cáliz

está estriada longitudinalmente en toda su longitud, presentando numerosos y diminutos poros entre las estrías. Es un coral ahermatípico, sin zooxantelas (Terrón-Singler et al., 2018).

- Reproducción interna. Gonocórica. Fertilización de enero a abril y liberación de la plánula de mayo a junio (Goffredo et al., 2006).
- Profundidad: propia del infra y circalitoral (hasta 50m).
- Temperatura: 10-25 °C.
- Fondos rocosos, umbríos y con escaso hidrodinamismo.

3.4. *Eunicella singularis* (gorgonia blanca)



Figura 5. *Eunicella singularis*. ©Club d'Immersion Biologia (<https://www.cibsub.cat/>).

- Incluida en el Catálogo UICN en la categoría *Near Threatened* "NT".
- La concreta y reducida zona de aparición en la Región, le confiere una singularidad digna de resaltar.
- Especie colonial, erguida, flexible y de aspecto arbustivo. De 40 cm de altura y color blanco sucio. La colonia se fija al sustrato mediante una placa basal, de la que parte un eje central ramificado desde muy cerca de la base, con ramificaciones bastante largas y paralelas. Terminadas en punta. En situaciones de corrientes constantes y homogéneas las ramificaciones son en un solo plano. Los numerosos pólipos, con cálices poco prominentes, se distribuyen uniformemente. Especie con zooxantelas a poca profundidad.
- Fecundación externa. La liberación de gametos se produce en abril (Gori et al., 2007).
- Profundidad: infra y circalitoral superior.
- Temperatura: 15-20°C.
- Fondos rocosos, medianamente umbríos y con moderado hidrodinamismo. También en fondos detríticos.

3.5. *Myriapora truncata* (falso coral)



Figura 6. *Myriapora truncata*. ©Club d'Immersió Biologia (<https://www.cibsub.cat/>).

- Especie muy común. Frágil a la rotura y, normalmente, suelen encontrarse fragmentos arrancados accidentalmente en los fondos marinos.
- Es un briozoo que forma una colonia arbustiva y ramificada. Las ramas son cilíndricas y con los extremos romos. Las colonias pueden alcanzar hasta 12 cm de altura y 15 cm de diámetro. La superficie de las ramas es lisa con unos pequeños poros que corresponden con los zooides. Los extremos de la colonia están truncados. La colonia presenta un color naranja intenso muy característico y las partes muertas pierden su color volviéndose blancas.
- Temperatura: hasta 20°C.
- Fondos rocosos infra y circalitorales, umbríos o medianamente y con moderado hidrodinamismo.

4. Referencias

- Aguilar, R. (2007). Los corales del Mediterráneo. En *Los corales del Mediterráneo*.
- COE. (2019). *Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats (Bern Convention)*. Council of Europe. <https://www.coe.int/en/web/bern-convention>
- Cohen, A. L., & McConnaughey, T. . (2003). Geochemical Perspectives on Coral Mineralization. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 54(1), 151-187. <https://doi.org/10.2113/0540151>
- Eyre, B. D., Andersson, A. J., & Cyronak, T. (2014). Benthic coral reef calcium carbonate dissolution in an acidifying ocean. *Nature Climate Change*, 4(11), 969-976. <https://doi.org/10.1038/nclimate2380>
- Ferrier-Pages, C., Reynaud, S., & Allemand, D. (2012). Shallow water scleractinian corals of the Mediterranean Sea. En *Life in the Mediterranean Sea: a look at habitat changes* (pp. 387-422). Nova Sciences Publishers, Inc.
- Goffredo, S., Airi, V., Radetić, J., & Zaccanti, F. (2006). Sexual reproduction of the solitary sunset cup coral *Leptopsammia pruvoti* (Scleractinia, Dendrophylliidae) in the Mediterranean. 2. Quantitative aspects of the annual reproductive cycle. *Marine Biology*, 148(5), 923-931. <https://doi.org/10.1007/s00227-005-0137-8>
- Goffredo, S., Gasparini, G., Marconi, G., Putignano, M. T., Pazzini, C., Airi, V., & Zaccanti, F. (2011). Sexual Reproduction in the Mediterranean Endemic Orange Coral *Astroides Calycularis* (Scleractinia: Dendrophylliidae). *Bulletin of Marine Science*, 87(3), 589-604.
- Goffredo, S., Mattioli, G., & Zaccanti, F. (2004). Growth and population dynamics model of the Mediterranean solitary coral *Balanophyllia europaea* (Scleractinia, Dendrophylliidae). *Coral Reefs*, 23(3), 433-443. <https://doi.org/10.1007/s00338-004-0395-9>
- Goldberg, W. M. (1978). Chemical changes accompanying maturation of the connective tissue skeletons of gorgonian and antipatharian corals. *Marine Biology*, 49(3), 203-210. <https://doi.org/10.1007/BF00391132>
- Gori, A., Linares, C., Rossi, S., Coma, R., & Gili, J. M. (2007). Spatial variability in reproductive cycle of the gorgonians *Paramuricea clavata* and *Eunicella singularis* (Anthozoa, Octocorallia) in the Western Mediterranean Sea. *Marine Biology*, 151(4), 1571-1584. <https://doi.org/10.1007/s00227-006-0595-7>
- RPA/SPA. (2019). *Coralligenous & other Calcareous Bio-concretions in the Mediterranean*. Regional Activity Centre for Specially Protected Areas. <http://www.rac-spa.org/coralligenous>
- Society for Ecological Restoration (SER) International. (2004). *Principios de SER International sobre la restauración ecológica*. https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser-primer-spanish.pdf
- Spieler, R. E., Gilliam, D. S., & Sherman, R. L. (2001). Artificial substrate and coral reef restoration: What do we need to know to know what we need. *Bulletin of Marine Science*, 69(2), 1013-1030.
- Stanley, G. D. (2003). The evolution of modern corals and their early history. *Earth-Science 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*

Reviews, 60(3), 195-225.

Templado, J., Guallart, J., Capa, M., & Luque, Á. (2009). 1170 Arrecifes. En *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España* (p. 142). Dirección General de Medio NaturMinisterio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.

Terrón-Singler, A., Peñalver-Duque, P., & León-Muez, D. (2018). Estudio de los cnidocistos del coral solitario *Leptopsammia pruvoti* (Lacaze-Duthiers 1987)(Scleractinia : Dendrophylliidae) para avanzar cononocimiento del cnidoma como carácter. *Chronica naturae*, 7, 18-26.

UN Enviroment. (2019). *Barcelona Convention*. Coordinating Unit for the Mediterranean Action Plan Secretariat to the Barcelona Convention and its Protocols. <http://web.unep.org/uneppmap/>

UN Environment; ISU; ICRI and Trucost. (2018). *The Coral Reef Economy*. www.unenvironment.org