

Cómo citar este artículo:

Marina Palacios Miñambres. “Estudio de la viabilidad de repoblación de las colonias de coral naranja (*Astroides calycularis*) desprendidas en la isla de Tarifa”. *Almoraima. Revista de Estudios Campogibraltareses*, 49, diciembre 2018. Algeciras. Instituto de Estudios Campogibraltareses, pp. 171-184.

Recibido: septiembre de 2017

Aceptado: octubre de 2017

ESTUDIO DE LA VIABILIDAD DE REPOBLACIÓN DE LAS COLONIAS DE CORAL NARANJA (*ASTROIDES CALYCVULARIS*) DESPRENDIDAS EN LA ISLA DE TARIFA

Marina Palacios Miñambres / Licenciada en Ciencias del Mar y Ambientales. Universidad de Cádiz

RESUMEN

Este proyecto estudia la viabilidad de repoblación del arrecife de coral naranja (*Astroides calycularis*) en la parte este de la isla de Tarifa. El objetivo principal es recuperar la cobertura de coral naranja mediante técnicas de repoblación de corales, instalando de nuevo en la pared las colonias que han sido desprendidas (fragmentos de coral vivo) y que una vez en el fondo, acaban muriendo.

Palabras clave: *Astroides calycularis*, isla de Tarifa, repoblación.

ABSTRACT

This project studies the viability of repopulation of the orange coral reef (*Astroides calycularis*) from the eastern part of the island of Tarifa. The main objective is to recover the orange coral cover by means of coral repopulation techniques, by installing again the colonies that have been detached (fragments of living coral) and once in the bottom, they end up dying.

Key words: *Astroides calycularis*, Tarifa's island, repopulation.

2. INTRODUCCIÓN

Todos los ecosistemas proveen usos y servicios esenciales para gran parte de la población humana ya sea de manera directa o indirecta. No obstante, esta relación de aprovechamiento muchas veces interacciona e interrumpe los ciclos naturales de las especies que alberga dicho hábitat (González G, 2000).

La isla de Tarifa (Cádiz), es un claro ejemplo pues es un área de gran diversidad e importancia ecológica, donde convergen además intereses y actividades (P.R.U.G. Parque Natural del Estrecho, 2008), suponiendo un conflicto entre los intereses conservacionistas y los económicos (Gerovassileou *et al.*, 2009). Lo que más llama la atención de este lugar tan preciado es que carece de protección en parte de su extensión (García-Gómez y Magariño, 2010). El Parque Natural del Estrecho goza de diferentes niveles de protección; no obstante, en la parte este de la zona marina de la isla, la legislación no otorga de ningún nivel de protección, debido a su proximidad al puerto de Tarifa, y clasifica a esta zona como de “aguas portuarias” pese a ser un punto ecológicamente importante (Decreto 57/2003). La evaluación del impacto ambiental de la ampliación del puerto de Tarifa declara que se infravaloran los impactos sobre el Parque Natural del Estrecho y los fondos marinos y litorales que se ocupan, teniendo estos el mismo valor ambiental que la zona protegida (EsIA Puerto de Tarifa, 2007), siendo de vital importancia un margen mayor entre el recinto portuario y el límite del Parque Natural (BOE N°58, 2011).

Esta cercanía al puerto de Tarifa aumenta su vulnerabilidad, no solo lo que al tráfico marino se refiere sino también a las actividades antrópicas que pueden desarrollarse en la zona (Castro y Huber, 2007), como el buceo, la pesca o el marisqueo (P.O.R.N. Parque Natural del Estrecho, 2003) pues al no ser legalmente zona de reserva marina (Decreto 57/2003) pero mantener sus características, está siendo sobreexplotada (P.O.R.N. Parque Natural del Estrecho, 2003). Los servicios que ofrece esta zona implican un elevado impacto en el gran número de poblaciones que habitan aquí, en especial al coral naranja, *Astroides calycularis* (Pallas, 1766) por su sensibilidad a los cambios en el hábitat. La capacidad de los antozoos para reponerse a los daños es muy diversa (Aguilar y Pastor, 2008). Sin embargo, muchas veces se ve condicionada por el impacto constante de diversos factores antrópicos y la limitada distribución de esta especie (ya que se trata de un endemismo del Mediterráneo) (García-Gómez y Magariño, 2014). Estos factores hacen que hoy en día se clasifique como “especie vulnerable” (Moreno *et al.*, 2008).

Este estudio parte del anterior proyecto “Determinación del impacto del buceo en las poblaciones de *Astroides calycularis* en la isla de Tarifa”, en el cual se demostró que existe un impacto negativo, que hace disminuir su cobertura, especialmente en las zonas no protegidas de la isla, y este impacto se pudo relacionar con las actividades antrópicas como el tráfico marítimo, el buceo o la pesca (Palacios *et al.*, 2015). Como especie amenazada, también forma parte de uno de los programas de conservación de especies amenazadas de la Junta de Andalucía. El informe anual del 2014 del CEGMA declara que “se han registrado históricamente los mayores porcentajes de pared de coral naranja desprendida, algo que se mantuvo también en 2013. Efectivamente, este año se constató en Tarifa la pérdida de cerca del 4% de la pared, lo que supone cerca del 700% respecto a la superficie que se perdió en Málaga, o más del 1.000% respecto a la superficie desaparecida en Granada” (CMAYOT, 2014). Por tanto, es un hecho que existe un gran número de colonias desprendidas en el suelo y que debido a la sedimentación, acaban muriendo.

El objetivo principal de este proyecto es conservar las poblaciones de *Astroides calycularis*, (Pallas, 1766) estudiando la viabilidad de repoblación del arrecife, mediante técnicas de repoblación de corales, instalando las colonias que han sido desprendidas por la interacción con las actividades antrópicas (principalmente buceo de gente inexperta) y que debido a la sedimentación una vez en el fondo, acaban muriendo (Alcolado, 2004). Por ello, una vez que se haya estudiado la viabilidad de este proyecto, las principales acciones las enfocaremos en rescatar y trasplantar la mayor cantidad posible de los fragmentos de coral vivo producidos por el golpe en el arrecife, para evitar que queden atrapados en la arena, volteados o aislados y darles una oportunidad de sobrevivir.

Por tanto, formulamos la hipótesis de que una colonia con coralito vivo de *Astroides calycularis*, que ha sido desprendida, puede volver a crecer si se instala de manera correcta en la pared.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Descripción de la zona de estudio

La localización geográfica de la isla de Tarifa hace que sea un lugar singular por ser el punto más meridional de Europa, donde confluyen tres regiones biogeográficas, la mediterránea, la lusitana y la mauritana (García-Gómez y Magariño, 2010). No solo estas características lo hacen un lugar único, sino que también alberga el mayor número de endemismos marinos de Andalucía y uno de los más elevados de Europa, muchos de ellos clasificados en las categorías de especies amenazadas, como el coral naranja (Moreno *et al.*, 2008). Se eligió solo una parte de la isla de Tarifa debido a que su dinámica es muy heterogénea en ambas partes (usos y servicios de la isla, niveles de protección y factores ambientales como la hidrodinámica y los temporales) (P.R.U.G. Parque Natural del Estrecho, 2008). A la hora de analizar un factor como la viabilidad de repoblación del arrecife, es necesario que el resto de factores afecten de igual manera a las diferentes zonas, y si no es así, tenerlos en cuenta al menos (De la Guardia, 2006). Por tanto, se estudió la parte de Levante, pues es la más conflictiva por prestar mayor oferta de usos, servicios e interacciones con el factor antrópico (P.R.U.G. Parque Natural del Estrecho, 2008) y por carecer de zona de regulación en la mayor parte de las aguas colindantes de la isla (figura 1) por su proximidad con el Puerto de Tarifa (Decreto 57/2003) (BOE 17/10/86) (BOE 28/3/01). Además, podemos afirmar, tras consultar los datos climatológicos de la zona, que los temporales de levante, (en los que el viento tiene componente este) dan lugar a una elevación más fuerte que en los temporales de poniente, y por tanto una hidrodinámica de mayor intensidad (Puertos del Estado, 2014).



Figura 1. Localización de Tarifa en la península ibérica (izquierda). Localización de la isla de Tarifa en el Parque Natural Los Alcornocales (derecha).

3.2. Descripción y características de la especie

Astroides calycularis (Pallas, 1766) o coral naranja es una especie de cnidario perteneciente a la familia Dendrophylliidae (Moreno *et al.*, 2008).

Astroides calycularis es un coral cuya distribución frecuente los fondos rocosos, desde prácticamente el intemareal, hasta unos 30 m de profundidad, habitando principalmente lugares umbríos en extraplomos o entradas de cuevas submarinas (López-González, 1993; Zibrowius, 1993). Nos encontramos ante una especie catalogada como “vulnerable”, protegida por la legislación y por muchos convenios, pues a pesar de encontrarse formando colonias masivas, su distribución geográfica es muy limitada, siendo una especie endémica del mediterráneo (Moreno *et al.*, 2008).

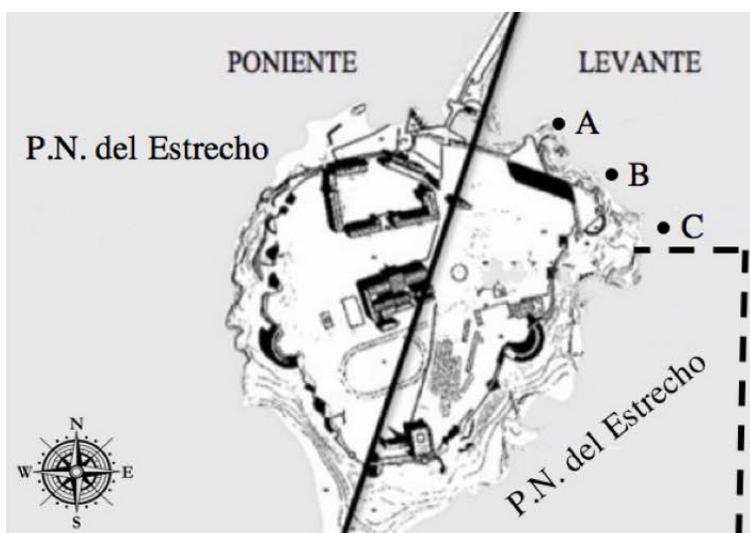


Figura 2. Localización de la zona de muestreo (M. Palacios, 2017).

3.3. Método de repoblación de las poblaciones de coral naranja

Para llevar a cabo dicha metodología y tras un reconocimiento subacuático en la zona, se eligió una de las inmersiones más populares: “la Garita” (García-Gómez y Magariño, 2010), donde previamente se ha demostrado que el impacto ejercido en las poblaciones de coral naranja es significativo y elevado, siendo la parte más degradada de la isla (Palacios *et al.*, 2015).

Se localizó la estación de muestreo (punto A) (figura 2) en una pared con las siguientes características: 4 metros de longitud, 13 metros de profundidad, presencia de colonias sanas de *Astroides calycularis* y presencia de colonias de coral naranja desprendidas con un porcentaje de coralito vivo igual o mayor al 50%. La estación de muestreo contó con varios puntos de repoblación a diferentes profundidades para que toda la variabilidad de la zona de estudio estuviera representada (figura 3).

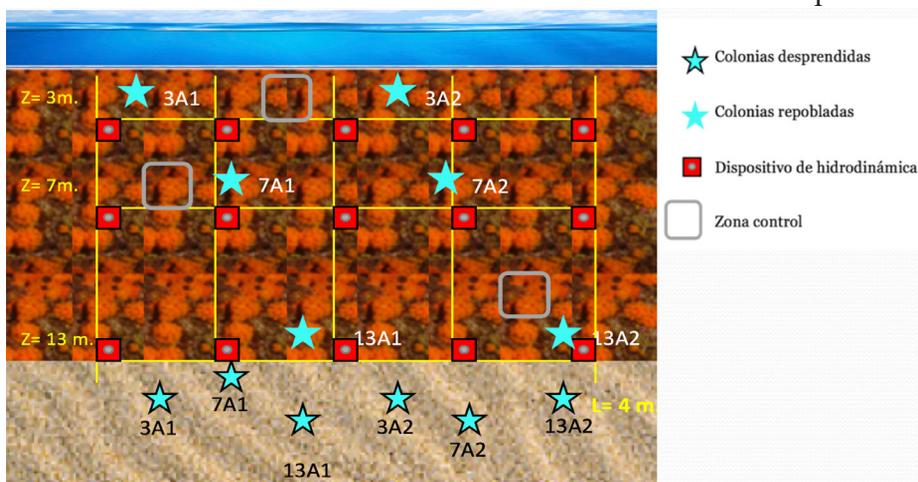


Figura 3. Diseño de la metodología de repoblación en la zona A (M. Palacios, 2017).

Debido a la gran cantidad de colonias desprendidas, el criterio primordial fue que las colonias seleccionadas tuvieran el máximo porcentaje de coralito vivo para que la supervivencia fuera más viable, por tanto, se eligieron colonias con un 80-100% de coralito vivo. Para pegar los fragmentos de coral, el espacio entre el fondo y la base de coral se llenó con material cementante; en este caso se utilizó masilla poliéster de dos componentes (Gambi, 1995). En cada punto de muestreo se marcó una colonia cercana a la zona repoblada, que sirvió de zona control a la hora de determinar el crecimiento de las colonias (Van Rein *et al.*, 2011). Para la determinación de la colonia control que se utilizó en la monitorización y seguimiento de las colonias reintroducidas, se eligió una zona aleatoria con presencia de coral naranja con una cuadrícula móvil (30 x 30 cm) (Teixidó, 2011). Asimismo se tomaron datos de las colonias repobladas tales como porcentaje de cobertura, longitud y anchura máxima y profundidad de repoblación (figura 4).



Figura 4. Toma de fotos de las colonias para el monitoreo fotográfico y sujeción de la colonia repoblada mientras fragua el pegamento (M. Palacios 2017).

Los beneficios de este proyecto son varios, entre los cuales se pueden mencionar los siguientes: incremento en la cobertura de tejido vivo, posible incremento de larvas de coral en la temporada de reproducción debido a la mayor cantidad de colonias de coral, recuperación acelerada de los microhábitats para diferentes especies que viven en el arrecife, rehabilitación de áreas utilizadas por el turismo y recuperación de la biodiversidad y calidad del arrecife. Si bien es cierto, una clara ventaja de este innovador estudio, es que, a diferencia del resto de programas de repoblación, es una técnica no intrusiva, puesto que no es necesario tomar ningún esqueje del arrecife, el desplazamiento de esta especie y/o su cría fuera de su hábitat, sino que contamos con fragmentos desprendidos con coralito vivo, que pueden salvarse “*in situ*” si se vuelven a colocar en la pared de forma correcta. Cabe destacar, que muchas veces, el desprendimiento de las colonias afecta a otras especies que han epifitado la colonia como por ejemplo la esponja azulada *Oscarella lobularis* (Schmidt, 1862) o el tunicado *Aplidium elegans* (Giard, 1872). Por tanto, este proyecto no sólo se centra en la repoblación de *Astroides calyccularis* (la cual es prioritaria), sino en todas las especies que por abrasiones han sido desprendidas de su hábitat.

3.3.1. Factores ambientales y antrópicos que influyen en la dinámica poblacional de *Astroides calyccularis*

Existen factores que influyen en la dinámica poblacional de *Astroides calyccularis*, y por tanto en su repoblación, debido a esto, debemos tenerlos en cuenta. Monitorizando estos factores, podemos revelar la causa de los cambios en el crecimiento de las colonias (Van Rein *et al.*, 2011). Hay que tener en cuenta a la hora de analizar un factor como en este caso es la viabilidad de repoblación de las colonias, que estos factores influyen con diferente intensidad haciendo que aumente la variabilidad del lugar de estudio (De la Guardia, 2006).



Figura 5. Dispositivo de hidrodinámica (M. Palacios, 2017)

3.3.1.1. Factores ambientales y antrópicos, la hidrodinámica

La hidrodinámica de la zona, depende de la climatología de Tarifa, así como de las corrientes del Estrecho (García-Gómez y Magariño, 2010), pero también se ve fuertemente influenciada por el tráfico marítimo (ferrys) (Davenport, 2005) que genera olas de gran envergadura, especialmente en las llegadas de los mismos (García-Gómez y Magariño, 2010). Sin embargo, y pese a la gran demanda de los servicios (Autoridad Portuaria Bahía de Algeciras, Puerto de Tarifa, 2015), los estudios hidrodinámicos de la zona son insuficientes en lo que a la determinación de impactos en las comunidades bentónicas se refiere (BOE N°58, 2011). En este estudio, se creyó interesante ver cómo variaba en cada uno de los puntos de muestreo para tenerlo en cuenta a la hora de la obtención de resultados. Por ello, antes de iniciar la repoblación, se llevó a cabo el estudio para la determinación de la hidrodinámica incidente en la pared de muestreo de la zona, mediante el análisis de disolución de bloques de alabastro (Leitchte, Witmanb, 1996). Los bloques de alabastro son unas placas de este material

susceptibles a la erosión por abrasión. Son muy útiles para este fin, puesto que el bloque se va disolviendo en mayor o menor medida en función de la intensidad del oleaje (Gambi, 1995). En la preparación del material previa al muestreo las placas se taladraron y se montó un sistema de anclaje con un tornillo y una tuerca, una vez preparado el dispositivo se pesaron individualmente. A la hora de llevar a cabo el muestreo, se determinaron 5 puntos de muestreo hidrodinámico a lo largo de la pared a repoblar, y en cada punto de muestreo, se colocaron tres dispositivos, uno en cada una de las profundidades de estudio (3, 7 y 13 m), como muestra la figura 5. Los dispositivos se fijaron con masilla poliéster de dos componentes (figura 5). Una vez recogidas, tras 10 días (Gambi, 1995), se pesaron secas. La diferencia de peso en los días que el dispositivo estuvo colocado dio una idea aproximada de la intensidad de la hidrodinámica en cada zona (Gambi, 1995). Los dispositivos se colocaron previo a un temporal de levante, para registrar el peor escenario que podría afectar a las colonias.

3.3.1.2. Factores antrópicos, actividades subacuáticas

Hay otros factores influyentes en la cobertura de *Astroides calycularis* y que son meramente antrópicos, como las actividades acuáticas (Di Franco *et al.*, 2008). Está demostrado que se concentran en torno a los puntos de mayor biodiversidad, lo que hace que las interacciones con las poblaciones de coral naranja sean inminentes (Gerovassileou *et al.*, 2009), siendo las abrasiones a los arrecifes de coral las más perjudiciales debido a su lenta capacidad de regeneración (Empafish Project Booklet, 2005). Si a este fenómeno se le suma el elevado número de usuarios de la isla de Tarifa, la vulnerabilidad de los arrecifes se dispara, debido a que se sobrepasa con creces la capacidad de carga del sistema (Davenport, 2005). Muchos estudios demuestran que la continua afección de los impactos negativos puede dar lugar a efectos sinérgicos (Gerovassileou *et al.*, 2009). Por tanto, a la hora de estudiar la viabilidad de repoblación del coral naranja es necesario tener en cuenta estos factores para explicar los resultados. Por ello, se realizó el muestreo en los meses de verano, pues es sin duda cuando se da una mayor afluencia de gente y por tanto una mayor presión en el ecosistema y sus especies. De este modo, se intenta registrar de nuevo el peor escenario que podría afectar a las colonias.

3.4. Método de monitoreo y seguimiento del crecimiento de las colonias repobladas

La mayoría de los programas de manejo de arrecifes necesitan llevar a cabo algún tipo de monitoreo (Mumby *et al.*, 2014). Los objetivos centrales de monitoreo de este estudio son determinar si las medidas de repoblación del arrecife de la isla de Tarifa están teniendo efecto y proporcionar un sistema de alerta temprana de los factores de desprendimiento de colonias con las actividades antrópicas.

Para realizar un seguimiento de las colonias es necesario la recolección de datos y fotografías para comparar su evolución en el tiempo. Dichas fotografías se procesaron mediante el programa informático “Seascape” para análisis de imagen de fotografías bentónicas (Teixidó, 2011). Se obtuvieron matrices con los datos de distribución batimétrica, superficie y cobertura de las colonias, los cuales posteriormente, sirvieron para el seguimiento de las colonias repobladas (Alcolado, 2004).

Lamentablemente se desconocen muchos datos acerca de la esperanza de vida de los corales (Aguilar y Pastor, 2008). No obstante, los estudios demuestran que se trata de especies longevas de crecimiento relativamente lento (en comparación con otras especies). Por ello, la estima de una tasa de crecimiento conlleva estudios muy amplios en el tiempo. Sin embargo, si las colonias de coral son afectadas por diversas causas, en tan solo unas semanas podría verse el blanqueamiento del coral (y por tanto muerte del pólipo) (Mumby *et al.*, 2014). Debido a esto, durante los primeros años de repoblación, se realizará un monitoreo trimestral para localizar desprendimientos de colonias, reforzar zonas con grietas o detectar la muerte de pólipos en las colonias repobladas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Estudio de la hidrodinámica y su propagación a las diferentes profundidades

Los máximos valores de oleaje en Tarifa se alcanzan en invierno. No obstante, se puede apreciar claramente que es una zona de intensidad hidrodinámica muy fuerte pues, independientemente de la estación meteorológica, un 36% de los días el oleaje se encuentra entre 0,5 - 1m (Román, 2008). Este efecto, sumado a la incidencia constante de los ferrys hace que la hidrodinámica incidente, como ya se ha explicado, sea muy elevada.

Estos datos quedaron corroborados en el análisis de los dispositivos de hidrodinámica al recoger las muestras, después de diez días, siendo los resultados los siguientes (figura 6).

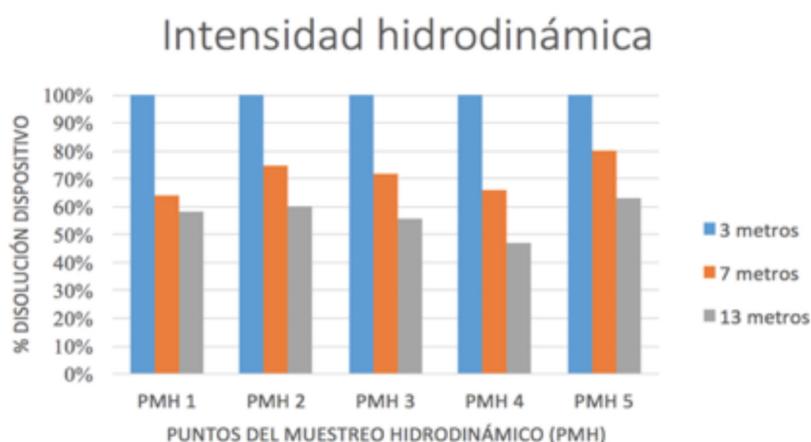


Figura 6. Porcentaje de disolución de los dispositivos en cada punto de muestreo de la zona de estudio (M. Palacios, 2017).

Como se puede apreciar en la gráfica la intensidad hidrodinámica es muy elevada en todas las zonas, pues el porcentaje de disolución casi siempre supera el 50%. Hay que tener en cuenta que en los tres primeros metros los dispositivos se disolvieron completamente. Podemos observar que a medida que aumenta la profundidad la intensidad del oleaje disminuye, tal y como se afirma en la teoría de la espiral de Ekman (Román, 2008). Debido a estos resultados, se descartó la profundidad de 3m para la instalación de colonias debido a la elevada intensidad hidrodinámica, y por ello se centraron los esfuerzos de repoblación en torno a 9 y 13 m donde la intensidad hidrodinámica es más leve.

4.2. Repoblación de las poblaciones de coral naranja

Cabe destacar que la metodología indicaba la repoblación a 13, 7 y 3m; dado que se descartó la zona menos profunda para la repoblación, no obstante, y debido al espacio no colonizado por otros organismos disponible, la repoblación se efectuó a 13 y a 11 m de profundidad, pues se buscaron las mejores zonas para la instalación de las colonias (extraplomos resguardados de una fuerte hidrodinámica y no ocupados por otros invertebrados) (figura 7). Remarcamos que es un método no intrusivo y nunca se desplazará una especie para instalar una colonia repoblada. Dado que el mar es un medio cambiante e inexacto, el método se cambió y/o mejoró siempre hacia el bien de la conservación de todas las especies y el ecosistema.

Se repoblaron un total de 16 colonias. Tras procesar las muestras fotográficas con el software Seascap (Teixidó, 2011), se obtuvieron los resultados de superficie repoblada. Abarcando un total de 337,15 cm² de arrecife recuperado. Recuperándose unos 1.003 pólipos aproximadamente.



Figura 7. Trasplante de varias colonias desprendidas instaladas nuevamente a 11 m en el punto A de muestreo (M. Palacios, 2017).

4.3. Método de monitoreo y seguimiento del crecimiento de las colonias repobladas

Como se ha explicado, determinar la tasa de crecimiento de corales en unos meses es muy difícil. No obstante, hay indicaciones en la cuales podemos ver del estado o la posible evolución de la colonia, como puede ser la retracción y/o blanqueamiento de los pólipos. El coral naranja cuando se desprende recoge sus pólipos retráctiles, dada la situación de estrés. Una continua afección de un factor de estrés puede hacer que el pólipo continúe retraído y muera por inanición (Mumby *et al.*, 2014). Sin embargo, a los tres días de realizar la repoblación de las colonias se volvió a muestrear la zona. Se observó que más de un 90% de los pólipos se encontraban fuera alimentándose, lo cual indica que se habían adaptado perfectamente a la nueva localización en un corto periodo de tiempo.

Transcurridos tres meses, se volvieron a revisar las colonias para ver el estado en el que se encontraban, continuando así, con la monitorización del arrecife. Se encontraron 8 de las 16 colonias del trasplante. Las colonias que permanecían en la pared tenían un aspecto sano y se encontraban perfectamente instaladas. El porcentaje de coralito vivo se mantenía constante o incluso aumentaba, indicando esto que todos los pólipos repoblados continuaban vivos y sanos, sobreviviendo sin ningún problema al desprendimiento gracias a la repoblación; por tanto, se centró el monitoreo y seguimiento en ellas.

Se observó (figura 8) que algunas colonias, a pesar de su pequeño tamaño presentaban pólipos grandes y sanos, por ejemplo 13A-2. Al igual que la colonia 11A-9 que actualmente presenta unos pólipos fuertes, sanos y de gran tamaño, a pesar de que fue la colonia repoblada con mayor porcentaje de coralito muerto y con un estado de deterioro muy avanzado en los pólipos. Otras colonias como la 11-A14, a pesar de su gran tamaño también se mantenían correctamente fijadas al sustrato.

Las colonias que presentaban pólipos iniciando su blanqueamiento (figura 8) se recuperaron. En el espacio que quedó de los pólipos que estaban muertos (blanqueo total) en el momento de la repoblación, se asentaron algas pardas que epifitaron dichos huecos sin alterar al desarrollo del resto de los pólipos de la colonia. Al igual sucedió con el material cementante, que fue epifitado tanto por algas pardas (en todos los casos), como calcáreas (por ejemplo, 11A-7 y 11A-12) haciendo que las colonias apenas parecieran repobladas, adaptándose perfectamente en su hábitat.

En lo que respecta a la repoblación conjunta de otras especies, tales como la esponja azul *Oscarella lobularis* (11-A14) o el tunicado *Aplidium elegans* (11A-9), que fueron desprendidas junto con las colonias de *Astroides calycularis*, cabe destacar que la repoblación fue viable, desarrollándose los individuos sin ningún problema y aclimatándose perfectamente.

Paralelamente a estos resultados, se deben plantear las causas de los desprendimientos.

4.3.1. Posibles causas del desprendimiento, estudio de los parámetros auxiliares

4.3.1.1. Fraguado del pegamento

Se descarta esta opción debido a que se limpió minuciosamente la zona para evitar “impurezas” (algas calcáreas, algas pardas, material en suspensión sedimentado en la pared...) y se permaneció en el lugar hasta que el fraguado del pegamento era el correcto y pasó de ser un material plástico a un material cementante.

ESTUDIO DE LA VIABILIDAD DE REPOBLACIÓN DE LAS COLONIAS DE CORAL NARANJA
(*ASTROIDES CALYCCULARIS*) DESPRENDIDAS EN LA ISLA DE TARIFA
Marina Palacios Miñambres

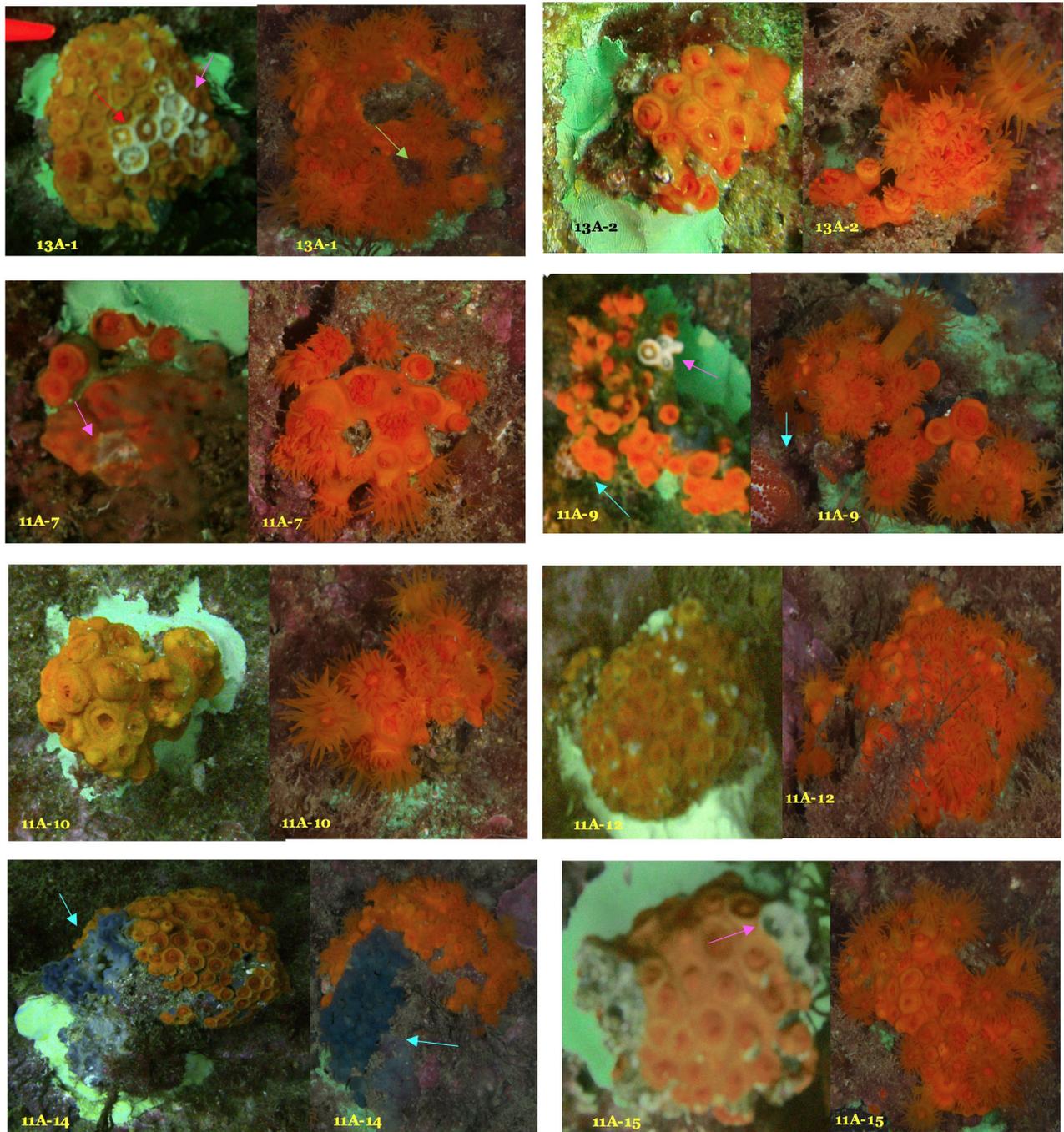


Figura 8. Colonia en el momento del trasplante (izqda.) Colonia trasplantada tres meses después (M. Palacios, 2017).

4.3.1.2. Factores ambientales y antrópicos, la hidrodinámica incidente

Hay que tener en cuenta que tras el estudio de la intensidad hidrodinámica se eligieron lugares estratégicos para la recolocación de las colonias, teniendo en cuenta la profundidad, (descartando zonas con una elevada hidrodinámica, por ejemplo a 3 m), y seleccionando cuidadosamente zonas en las que la colonia repoblada estuviese resguardada de la hidrodinámica debido a la rugosidad y/o geomorfología de la pared (por ejemplo extraplomos). Por tanto se seleccionó minuciosamente el lugar para proteger las colonias repobladas de las corrientes y el oleaje en la medida de lo posible.

Llevando a cabo un análisis ANOVA, con un intervalo de confianza del 95% con el programa Stastics, se concluyó que la diferencia entre el número de desprendimientos entre las dos profundidades no es significativa. Dicho esto, dado que las colonias repobladas se encontraban en zonas menos expuestas a la hidrodinámica y los desprendimientos fueron aleatorios independientemente de la profundidad, podemos concluir que la hidrodinámica incidente no fue la causa de los desprendimientos.

4.3.1.3. Factores ambientales, el tamaño de las colonias

También se pensó que los desprendimientos podían deberse al tamaño de las colonias, por lo que se clasificaron en colonias repobladas grandes (12-6 cm de longitud máxima, 9-4 cm de anchura máxima) y colonias repobladas pequeñas (3-1,5 cm de longitud máxima, 2,5-1,5 cm de anchura máxima) y se realizó un análisis ANOVA con el programa Stastics (IC 95%), para ver si había diferencia en el porcentaje de desprendimientos entre los dos tamaños. Este análisis reveló que no había diferencias significativas entre los tamaños, por lo que los desprendimientos no tenían relación con el tamaño.

4.3.1.4. Factores antrópicos, actividades subacuáticas

Como se ha explicado, el efecto de las actividades antrópicas ejerce una grave presión en esta zona (Palacios *et. al*, 2015).

Hay que recalcar que mientras se tomaban las fotos de las colonias repobladas en el monitoreo, un buzo con poca experiencia (ajeno al estudio) desprendió una colonia en nuestra presencia debido a la falta del control de la flotabilidad (dejando 8 colonias para el monitoreo y no 9). De este modo, y debido a los resultados estadísticos de las causas de desprendimiento, suponemos que la mayor parte de los desprendimientos de las colonias repobladas fueron debidos al impacto antrópico de las abrasiones, ya que fueron desprendimientos aleatorios en los meses de mayor afluencia de visitantes en la isla y sin relación con la hidrodinámica, ni el tamaño de las colonias, ni el fraguado del pegamento.

Debido a estos resultados y logrando un 72,72% de éxito en la repoblación en el registro del peor escenario posible, se concluye que la repoblación de colonias en la Isla de Tarifa es factible. Por lo que se continuó con el programa. Actualmente hay 8 colonias monitorizadas desde hace 13 meses, y 19 colonias monitorizadas desde hace 8 meses. Hay que destacar que las colonias se han mimetizado totalmente con el entorno y están totalmente integradas de nuevo en el hábitat, creciendo favorablemente (figura 10).



Figura 9. Colonias de *A. calycularis* junto a la esponja *Phorbas tenacior* (M. Palacios. 2018).

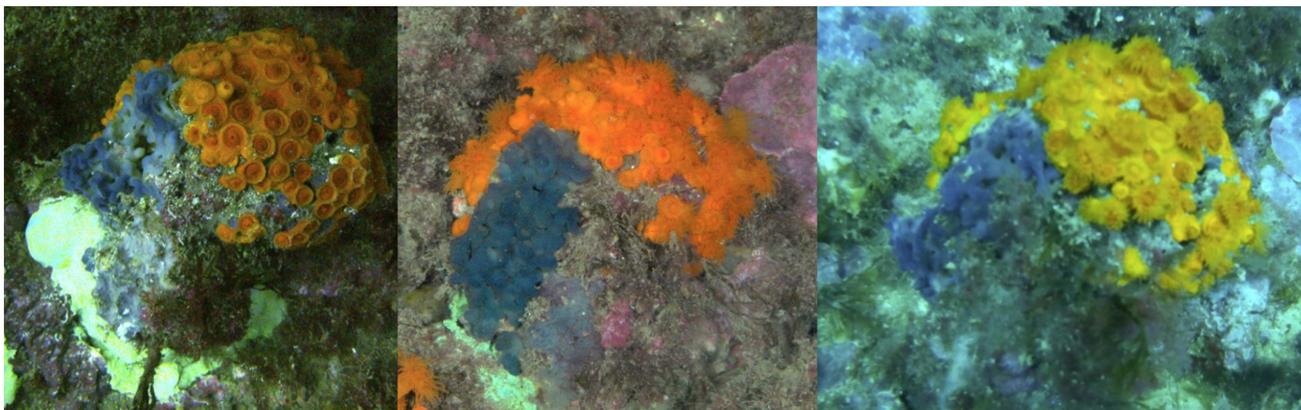


Figura 10. Colonia en el momento del trasplante (izquierda). Colonia trasplantada cuatro meses después (centro). Colonia repoblada totalmente integrada tras 10 meses. (M. Palacios, 2018).

También hay que destacar que los invertebrados asociados a las colonias de coral se desarrollan favorablemente, como se ve en la figura 9 y 10. Se siguió estudiando la viabilidad de repoblación de invertebrados, además de las colonias repobladas con ejemplares de *Aplidium elegans* (Giard, 1872), *Oscarella lobularis* (Schmidt, 1862) y *Phorbastenacior* (Topsent, 1925).

5. CONCLUSIONES

La capacidad de los antozoos para reponerse a los daños es muy diversa; sin embargo, se ve condicionada por el impacto constante de diversos factores antrópicos y la limitada distribución de esta especie (Aguilar y Pastor, 2008), por lo que cualquier factor que les afecte puede ocasionar un daño significativo como hemos explicado anteriormente (Davenport, 2005). Se ha demostrado que la repoblación de *Astroides calycularis* en la isla de Tarifa es viable, adaptándose los pólipos con total normalidad al trasplante. Hay que tener en cuenta que la repoblación se efectuó en los meses de mayor afluencia de usuarios. Por ello, una vez finalizados, lo que hace que la presión de buzos disminuya notablemente, se continuará con la repoblación de todas las colonias que se encuentren en el suelo a lo largo de la zona de estudio. Sin embargo, hay que tener en cuenta que si no se remedia el foco precursor de la falta de regulación, el esfuerzo a realizar para recuperar la zona afectada será mucho mayor y seguiremos encontrándonos el problema de las colonias desprendidas. Por tanto la clave para recuperar el arrecife de la isla de Tarifa está en adoptar una forma de comportamiento respetuoso y tomar medidas que disminuyan los impactos negativos con el entorno, como la repoblación del coral naranja.

La creciente demanda está desarrollándose es una trepitosa velocidad a nivel mundial (Davenport, 2005). Este fenómeno no puede frenarse. No obstante, si inculcamos los valores necesarios para que se desarrolle de una forma sostenible, ya habremos logrado evitar en la medida de lo posible el deterioro de todos los ecosistemas que nos proveen de un sin fin de usos y servicios. Hay que tener en cuenta que el objetivo de este trabajo no es poner limitaciones a las actividades antrópicas sino buscar el equilibrio y una gestión integrada, de tal manera que todos los elementos que son parte de la solución y del problema estén representados y se vean beneficiados.

AGRADECIMIENTOS

Tengo mucho que agradecer a todas las personas que han colaborado para que este proyecto se haya podido llevar a cabo, especialmente al equipo de buzos (Javier Herrera, Luis Cabodevila, José Manuel Felix, Leo Santos, Manuel Martínez), y a la Dirección del Parque Natural del Estrecho, M^a Eugenia San Emeterio. A mi familia y amigos.



BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR Ricardo PASTOR Xavier (2008). *Los Corales del Mediterráneo*. Oceana.
- ALCOLADO Pedro M. (2004). Manual de capacitación para el monitoreo de alerta temprana en arrecifes coralinos. Instituto de oceanografía y MINTUR. Ministerio de Ciencia y Tecnología y Medio Ambiente, Proyecto Sabana Camagüey.
- (Autoridad Portuaria bahía de Algeciras, Puerto de Tarifa, 2015). Informes anuales de tráfico marino de 2011 a 2015, Autoridad portuaria bahía de Algeciras.
- Real Decreto 2133/1986 del 19 de septiembre, *BOE 17/10/86*.
- Boletín oficial del estado núm. 58*, Miércoles 9 de marzo de 2011 Sec. III. Pág. 26890 La Secretaria de Estado de Cambio Climático.
- Ley 3/2001 de 26 Marzo, *BOE 28/3/01*. “Normativa de aguas exteriores”.
- CASTRO Peter y HUBER Michael E. (2007). *Biología marina*. Mc Graw-Hil, Interamerica.
- (CMAYOT, 2011-2014) CEGMA del Parque Natural del Estrecho. Informes anuales CEGMA 2011-2014. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.
- DAVENPORT John, DAVENPORT Julia L. (2005). *The impact of tourism and personal leisure transport on coastal environments*. Department of Zoology, Ecology and Plant Science, Environmental Research Institute, University College Cork, Lee Maltings. Ireland.
- DE LA GUARDIA Elena (2006). “Caracterización de la comunidad de corales y estimación del efecto del buceo recreativo en guajimico, región surcentral de cuba”. *Revista de investigaciones marinas Cuba*.
- Decreto 57/2003 de 4 de marzo, de declaración del Parque Natural del Estrecho. Boja 54/2003, de 20 de Marzo 2003.
- DI FRANCO Antonio, MILAZZO Marco, BAIATA Pasquale, TOMASELLO Agostino and CHEMELLO Renato (2008). “Scuba diver behaviour and its effects on the biota of a mediterranean marine protected area.” Dipartimento di Ecologia, Università degli studi di Palermo, Italy, and Laboratorio di Zoologia Marina Italy.
- PLANES S., GARCÍA-CHARTON J.A., PÉREZ-RUZAF A. (Coord.) (2005). *Ecological effects of atlanto-mediterranean marine protected areas in the european union*. Empafish Project Booklet N°1.
- (EsIA Puerto de Tarifa, 2007) Puerto Bahía de Algeciras, Ministerio de Fomento (2007). Estudio de Impacto Ambiental Puerto de Tarifa. Codigo de informe: H06040, 2007/067.
- (Gambi, 1995) Gambi Maria Cristina (1995). Polychaete distribution, diversity and seasonality related to seagrass cover in shallow soft bottoms of the Tyrrhenian Sea (Italy). Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar del Plata, Argentina.
- (García-Gómez y Magariño, 2010) GARCÍA-GÓMEZ José Carlos y MAGARIÑO Salvador (2010). “Bucear en el último confin de Europa, la isla de Tarifa”. Instituto De Estudios Campogibraltareños.
- (García y Nava, 2006) GARCÍA Miguel y NAVA Gabriela (2006). *Técnicas de restauración y monitoreo de arrecifes coralinos*. Oceanus A.C. Veracruz.
- GEROVASSILEIO Vassilis, KOUTSOUBAS Drosos, SINI Maria, PAIKOU Katerina (2009). “Marine protected areas & diving tourism in the greek seas: practices and perspectives”. University of the Aegean.
- GONZÁLEZ Gaspar (2000). “Biodiversidad marina y desarrollo: Conflictos y soluciones en el Caribe. Centro de Investigaciones Marinas”

ESTUDIO DE LA VIABILIDAD DE REPOBLACIÓN DE LAS COLONIAS DE CORAL NARANJA
(*ASTROIDES CALYCVULARIS*) DESPRENDIDAS EN LA ISLA DE TARIFA
Marina Palacios Miñambres

Universidad de la Habana, Cuba.

LEICHTE James J., WITMANB Jon D. (1996). Water flow over subtidal rock walls: relation to distributions and growth rates of sessile suspension feeders in the Gulf of Maine Water flow and growth rates. Elsevier Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.

Lombok frag, Ambarlads. (2009). Corales de cultivo, la nueva apuesta de la empresa Ambarlads. Francia. Página oficial Lombok frag.

LÓPEZ-GONZÁLEZ Pablo J. (1993). "Taxonomía y zoogeografía de los antozoos del estrecho de Gibraltar y áreas próximas". Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.

MORENO Diego, ARROYO Mari Carmen *et al.*, (2008). *Libro Rojo de los Invertebrados de Andalucía*, Tomo I. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.

MUMBY Peter J, FLOWER Jason, CHOLLETT Iliana, BOX Stephen J, BOZEC Yves-Marie, FITZSIMMONS Clare, FORSTER Johanna, GILL David, GRITH-MUMBY Rosanna, OXENFORD Hazel A, PETERSON Angelie M, STEAD Selina M, TURNER Rachel A (2014). "Hacia la resiliencia del arrecife y medios de vida sustentables: Un manual para los administradores de arrecifes de coral del Caribe". University of Exeter, Exeter.

PALACIOS Marina, LÓPEZ-GONZÁLEZ Pablo y MEDINA César (2015). "Estudio de la determinación del impacto de buceo en las poblaciones de coral naranja (*Astroides calycularis*) en la isla de Tarifa". Universidad de Cádiz y Sevilla.

(P.O.R.N., Parque Natural del Estrecho, 2003) Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, (2003). Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Parque Natural del Estrecho. Aprobado por el Decreto 308/2002 de 23 de diciembre.

(P.R.U.G., Parque Natural del Estrecho, 2008) Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, (2008). Plan Rector del Uso y Gestión del Parque Natural del Estrecho. Decreto 308/2002

Puertos del Estado (2014). Boya de Tarifa informe 2014. Página oficial de Puertos del Estado, sección de oceanografía.

ROMÁN Andrés (2008). "Tarifa y el viento de levante". Climatología Aljaranda.

TEIXIDÓ N, ALBAJES-EIZAGIRRE A, BOLBO D, LE HIR E, DEMESTRE M (2011). Seascape, Hierarchical Segmentation based software for Cover Classification Analyses of Seabed Images. Marine Ecology journal Inter-Research Science Center.

VAN REIN H., BROWN C. J., SCHOEMANA D. S., QUINNA R. and BREENC J. University of Ulster, Coleraine, Northern Ireland (2011). Development of benthic monitoring methods using photoquadrats and scuba on heterogeneous hard-substrata: a boulder-slope community case study. Centre for Coastal and Marine Environmental Sciences Research Institute.

ZIBROWIUS H. (1993). "The Southern *Astroides calycularis* in the Pleistocene of the Northern Mediterranean. An indicators of climatic changes (Cnidaria, Scleractinia)". *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*.