

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 FV1.3.

Informe de selección del área geográfica y especie de coral
seleccionado para la Acción 5



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. Introducción	1
3. Área seleccionada para la ubicación del arrecife artificial	1
3.1. Estudio de hidrodinámica mediante <i>clods cards</i> para determinar el punto exacto de colocación del arrecife	3
3.1.1. Metodología del estudio de hidrodinámica.	4
3.1.2. Resultados	2
3.1.2.2. Resultados del estudio de hidrodinámica nº 2: 13/08/2020 (recogida) y 14/08/2020 (retirada)	5
3.1.2.3. Resultados del estudio de hidrodinámica nº3: 18/08/2020 (recogida) y 19/08/2020 (retirada).	5
.....	6
3.2. Acotación del área seleccionada	8
4. Especie de coral seleccionada	10
5. Referencias	11

1. Objetivos

Este informe tiene dos objetivos:

1. Presentar el área geográfica seleccionada para la ubicación del arrecife artificial, donde será desarrollada la Acción 5 del proyecto (Actuación de mejora del hábitat de estudio mediante restauración ecológica), y justificar esta elección.
2. Presentar la especie de coral seleccionada y justificar esta elección para llevar a cabo los objetivos de la Acción 5.

2. Introducción

En el informe de la FV1.2 del proyecto se seleccionaron cinco zonas geográficas potenciales para la ubicación del arrecife artificial del proyecto CORAL3D. Entre ellas se encontraban las siguientes: Reserva Marina de Cabo de Palos – Islas Hormigas, Reserva Marina de Cabo Tiñoso, Área marina entorno a Isla Grosa y El Farallón, Área situada desde Cala Mojarra hasta Algameca Chica y fondos de Cabo Cope (futura Reserva Marina de la Región de Murcia).

Como se comentaba en el citado informe, todas las áreas cumplen con los requisitos para el fondeo del arrecife y la consecución de los objetivos del proyecto, pues han sido seleccionadas en base los criterios ambientales establecidos. Además, también se han tenido en consideración los aspectos socioeconómicos del área.

La decisión final en cuanto a la elección del área ha sido consultada con la Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (CARM), concretamente con la Dirección General de Ganadería, Pesca y Acuicultura (unidad de Servicio de Pesca y Acuicultura). Este trámite de consulta puede consultarse en la carpeta “Anexos” de la FV1.3 (Anexo I).

Por otra parte, en el informe FV1.1 se seleccionaron 5 especies de corales, gorgonias o falsos corales mediterráneos que pudieran desarrollarse potencialmente en el arrecife artificial. En el presente informe, se elegirá una de esas especies como objetivo del proyecto. Sin embargo, cabe resaltar que, con tal de que el arrecife artificial sea más diverso, también se recolectarán otras especies de corales, evaluando igualmente en la Acción 5 su tasa de supervivencia.

3. Área seleccionada para la ubicación del arrecife artificial

Tal y como se indica en el Marco Lógico del proyecto, la elección del área ha sido estudiada con la autoridad competente, en este caso el Servicio de Pesca y Acuicultura (Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente de la CARM). El área sugerida por esta autoridad ha sido la célula D de la Reserva Marina de Cabo de Cabo Tiñoso (Figura 1), localizada al sur de Cartagena. Esta célula es la menos restrictiva en cuanto a la regulación de usos, ya que se permite el fondeo de embarcaciones en zonas sin praderas de posidonia, la pesca recreativa, el buceo autónomo y la pesca marina profesional con artes menores previa autorización.

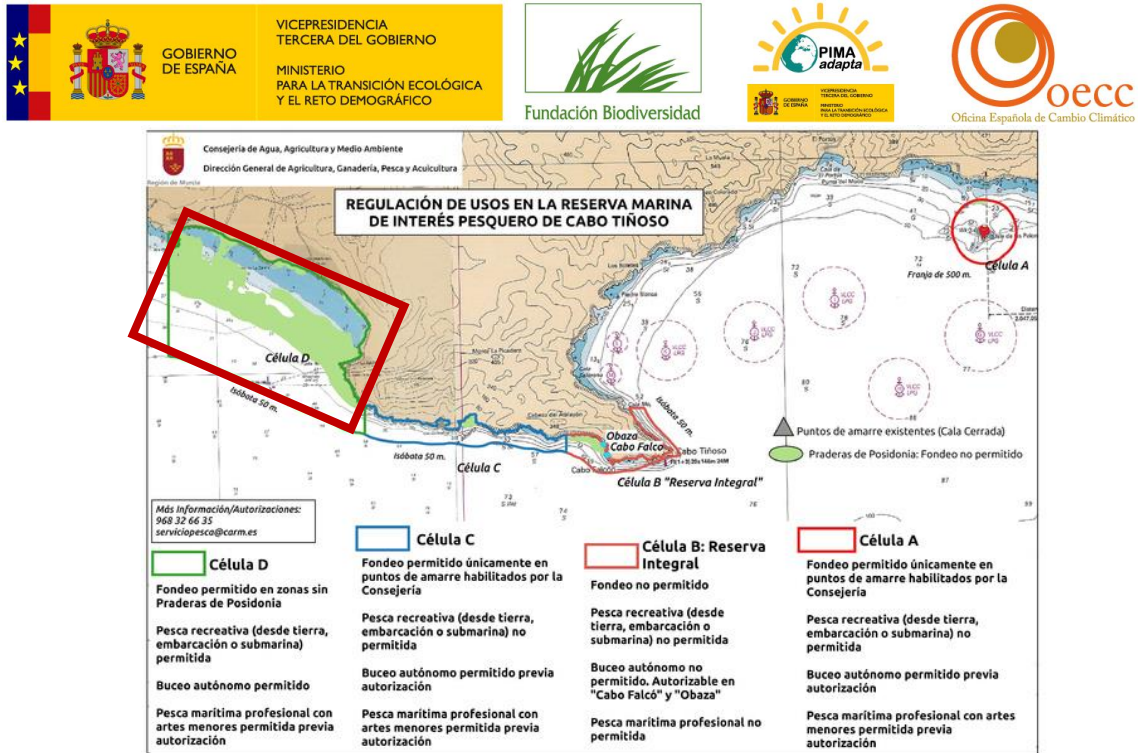


Figura 1. Área y zonificación de la Reserva Marina de Cabo Tiñoso. El rectángulo en rojo detalla de la zona donde se va a colocar el arrecife artificial de CORAL3D (CARM, 2019).

La elección de esta zona se ha basado en una serie de razones que se van a detallar a continuación.

En primer lugar, se trata de una zona protegida, lo que facilita su vigilancia y protección. Además, se sitúa cerca de otras áreas no protegidas con posibilidades de restauración con gran valor ecológico, pudiendo ofrecer una mayor proyección del proyecto en un futuro.

En segundo lugar, se han tenido en cuenta las características de esta zona, que presenta tipos de fondos variados. Hasta la Punta de La Azohía el tramo de costa es bajo, de poca profundidad y fondos bien iluminados, con zonas de paredes verticales de pendiente baja a media. Las comunidades predominantes son de fondos rocosos iluminados. A partir de esta zona, cambian los fondos y se vuelven más profundos y las paredes verticales son más abruptas conforme se van acercando al Cabo Tiñoso. Las comunidades que pueden encontrarse son más típicas de los fondos infralitorales y circalitorales, albergando varias especies de corales.

En tercer lugar, se ha valorado la hidrodinámica de esta zona. Las corrientes originadas por la fuerza del viento dependen de la época del año y su meteorología, pero suelen ser superficiales (Calvín, 2003). En el tramo comprendido desde Cabo de Palos al Puerto de Mazarrón, el oleaje del E no incide directamente y tiene menos importancia que en otras zonas de la costa murciana. Sin embargo, el SE y SO (lebeche) son los de mayor incidencia, especialmente el SO por su mayor intensidad. Por otra parte, las corrientes originadas por diferencias de densidad entre las masas de agua sí cobran mayor importancia. En el área de la reserva, confluyen dos mareas de aguas importantes, las de la bahía de Mazarrón y de la bahía de Cartagena, por lo que se trata de una zona con corrientes, aunque la disposición geográfica de Cabo Tiñoso sirve de freno y, dependiendo de la ubicación, pueden ser de mayor o menor intensidad. Las corrientes tienen una gran influencia sobre la fauna y flora marina, ya que influye en la distribución geográfica de las especies, pues condiciona la fuente de alimento o la forma en la que se asientan al sustrato. Las corrientes son muy importantes para los organismos sésiles como los corales, pues de ellas depende la captación de alimento, por ello suelen orientarse perpendiculares a las mismas, si

no son muy fuertes. Resaltar que las especies de corales seleccionadas para este proyecto necesitan condiciones de moderado a alto hidrodinamismo, por lo que esta zona de la Reserva Marina de Cabo Tiñoso es un lugar idóneo.

En cuarto lugar, la célula D también tiene también un interés socioeconómico, además del ecológico. De hecho, el proyecto CORAL3D, ha contado con el apoyo de la Federación de Actividades Subacuáticas de la Región de Murcia (FASRM) y la Asociación de Centros de Buceo de la Región de Murcia (ACBRM). Además, otros sectores como el de la pesca (Cofradía de Pescadores de Mazarrón), también se han mostrado favorables al proyecto, cumpliendo así con los aspectos que deben considerarse antes del fondeo de un arrecife artificial. Dichas cartas de apoyo pueden consultarse en el Anexo II de la FV1.3.

Aunque no sea el objetivo principal de CORAL3D, es interesante destacar que el arrecife artificial puede tener un carácter multifuncional, beneficiando no solo a las especies marinas. La Reserva Marina de Cabo Tiñoso, posee algunos de los puntos de buceo más interesantes de la Región de Murcia y el arrecife se fondeará en una zona donde el mismo está permitido. Por otra parte, el arrecife artificial de CORAL3D también podrá ser empleado como parte de la de educación ambiental, ya que su objetivo es mitigar los efectos del cambio climático en especies de coral amenazadas.

En conclusión, la célula D ofrece muchas posibilidades y creemos que podría albergar potencialmente las especies de coral que se han seleccionado.

3.1. Estudio de hidrodinámica mediante *clods cards* para determinar el punto exacto de colocación del arrecife

Pese a conocer la hidrodinámica general de la zona, consideramos importante realizar un estudio experimental previo a la colocación del arrecife artificial, pues los corales con organismos muy sensibles a las corrientes, ya que dependen de ellas para conseguir el alimento. Por ello, tras estudiar la bibliografía existente para medir el hidrodinamismo en áreas pequeñas para ver cómo podría afectar a los organismos, se ha constatado que los ecólogos bentónicos emplean frecuentemente una técnica denominada *clod cards*, diseñada por primera vez por Doty (1971). Actualmente, esta técnica consiste en el uso de piezas con forma cúbica, fabricadas con yeso de París (sulfato cálcico hemihidratado) alabastro (sulfato de calcio dihidratado) o mezclas de resinas, que se disuelven en función de la mayor erosión a las que se ven sometidos por las corrientes (NOAA, 2013). Son diversos los estudios que han aplicado este método para estudiar la influencia de las corrientes en el asentamiento o comportamiento de distintos organismos bentónicos (Angradi & Hood, 1998; Jokiell & Morrissey, 1993; Leichter & Witman, 1997; Thompson & Glenn, 1994). Concretamente, en el Mediterráneo (Isla de Tarifa) existe un estudio de hidrodinámica previo a la restauración de colonias desprendidas de *Astroides calycularis* usando placas de alabastro (Palacios Milambres, 2018).

En CORAL3D se utilizaron las placas de yeso de París, por su facilidad de aplicación y su versatilidad. Se seleccionaron para el estudio puntos geográficos cuyas profundidades son propias de la zona infralitoral, es decir, aquella que tiene un límite superior marcado por los organismos que requieren una inmersión continuada, más influenciado por el oleaje; y un límite inferior delimitado por la desaparición de las fanerógamas marinas y las algas, más influenciado por las corrientes fotófilas (hasta los 35-40 m) (Calvín, 2003). Esta zona, junto con la circalitoral, es en la que se encuentran la mayoría de las especies de corales mediterráneos.

La solicitud para realizar el estudio de hidrodinámica junto con autorización concedida por el Servicio de Acuicultura y Pesca de la CARM puede consultarse en los Anexo IV y V, respectivamente, de la FV1.3.

3.1.1. Metodología del estudio de hidrodinámica.

Como se comentaba anteriormente, se ha empleado el método de Doty (1971) para la fabricación de los *clod cards* de yeso. Se fabricaron 144 *clod cards* para ser colocadas en los 9 puntos de muestreo seleccionados para el estudio. Los materiales utilizados para su fabricación fueron los siguientes:

- Yeso de París (sulfato de calcio, $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$)
- Cubiteras de polietileno
- Estufa
- Agua destilada
- Balanza de precisión
- Pegamento fuerte resistente al agua
- Placas de PVC

Primeramente, se secó la cantidad de yeso necesaria en una estufa a 60°C durante 48 horas (Figura 2 a,b). Luego se preparó la masa utilizando una proporción de 45ml de agua cada 50g de yeso, con la que se rellenaron las cubiteras (Figura 2 c). Se tomó la precaución de mantenerlas cubiertas para evitar la formación de burbujas y se esperó a su secado en una habitación con baja humedad hasta peso constante.



Figura 2. Pesado de la cantidad de yeso necesaria (a), pesado (b). Cubetas de PVC rellenas de la mezcla formada (c).

En las placas de PVC sobre las que se asentaron los *clod cards* se realizaron dos agujeros (Figura 3 a) para facilitar su colocación en las estructuras metálicas de fondeo. Los *clod cards* secos se

pegaron a estas placas mediante pegamento resistente al agua (Figura 3 b) y se esperó 24h para su secado. Seguidamente se pesaron, este será el peso seco inicial (P_0) (Figura 3 c).

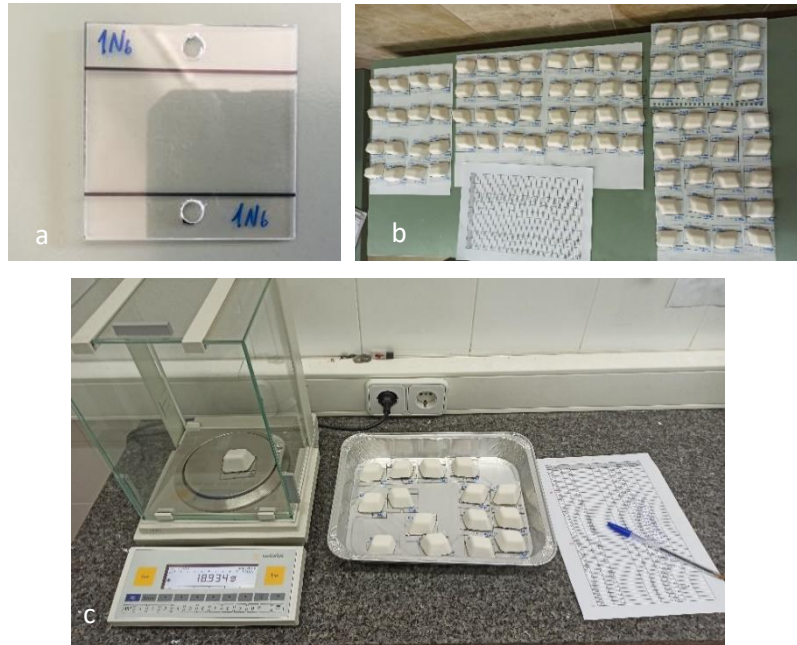


Figura 3. Placa de PVC con los agujeros practicados (a). Clod cards fabricados y pegados en su placa identificadora (b). Pesado inicial de las clod cards junto a la hoja de laboratorio en la que se apuntan los pesos secos iniciales y finales (c).

Una vez registrados los pesos iniciales, los *clod cards* unidos a sus placas se situaron, mediante bridas, en estructuras verticales de 2m de altura fabricadas para realizar el estudio de hidrodinámica (Figura 4). En cada estructura se situaron 4 *clod cards* (orientaciones N, S, E y O) cada 0,5m de largo, como se muestra en la Figura 4. Este diseño se debe a que el arrecife artificial tendrá una altura aproximada de 2m, y conocer los resultados a cada altura en distintas orientaciones puede ser también útil a la hora de su diseño, con tal de favorecer corrientes u oquedades que beneficien a las especies de coral, según las condiciones ambientales que necesiten.



Figura 4. Estructuras verticales de acero inoxidable de 2m de altura, con marcas cada 0,5m en las que están colocadas, en orientaciones N, S, E y O, los clod cards.

El estudio de hidrodinámica con las estructuras ya preparadas se realizó durante 3 fechas en mes de agosto de 2020 y se seleccionaron 9 puntos totales, con profundidades entre los 20-30m, dentro de la célula D de la Reserva Marina de Cabo Tiñoso, para llevarlo a cabo (Figura 5).



Figura 5. Mapa con los puntos del estudio de hidrodinámica del proyecto CORAL3D llevado a cabo en la célula D de la Reserva Marina de Cabo Tiñoso (Región de Murcia).

A continuación, se van a detallar las fechas, las coordenadas de los puntos y las profundidades, junto con las condiciones meteorológicas de los días del estudio de hidrodinámica (estas se pueden consultar en las Figuras 6, 7 y 8):

- **Estudio de hidrodinámica nº 1:** 04/08/2020 (recogida) y 07/08/2020 (retirada).

- Punto nº 1: 37.564800,-1.191251 (9m)
 - Punto nº 2: 37.559158,-1.185143 (15,8)
 - Punto nº 3: 37.555553,-1.188372 (25,5)
 - Punto nº 4: 37.553902,-1.185739 (26,1)
 - Punto nº 5: 37.552315,-1.183758 (27,4m)
- **Estudio de hidrodinámica nº 2:** 13/08/2020 (recogida) y 14/08/2020 (retirada).¹
 - Punto nº 6: 37.554642,-1.184532 (22,1m)
 - **Estudio de hidrodinámica nº 3:** 18/08/2020 (recogida) y 19/08/2020 (retirada).
 - Punto nº 7: 37.553459,-1.182920 (23,7m)
 - Punto nº 8: 37.544506,-1.172374 (25m)
 - Punto nº 9: 37.551537,-1.184144 (27m)

Como se puede observar, la recogida de las estructuras una vez colocadas en el fondo, fue al día siguiente, transcurridas 24h, a excepción de la primera fecha (04/08/2020), en la que, debido a las condiciones climáticas, tuvieron que recogerse 3 días después.

¹ El estudio de hidrodinámica nº2 contaba con otro punto situado a unos 38,6m en las coordenadas 37.541576, -1.171943, pero hubo una pérdida de la estructura en su recogida en la embarcación. Se recuperó unas semanas después, pero ya no era válido para el estudio.

☀ 07:22 - 20:56 🌡 ≈ 27 °C

 Tides

Spain - La Azohia ★

Figura 7. Histórico de datos meteorológicos obtenidos en WindGuru (<https://www.windguru.cz/>) para los días del estudio de hidrodinámica nº 2 (del 13-08-2020 hasta el 14-08-2020). Arriba: pronóstico del viento. Abajo pronóstico oleaje y mar de fondo.

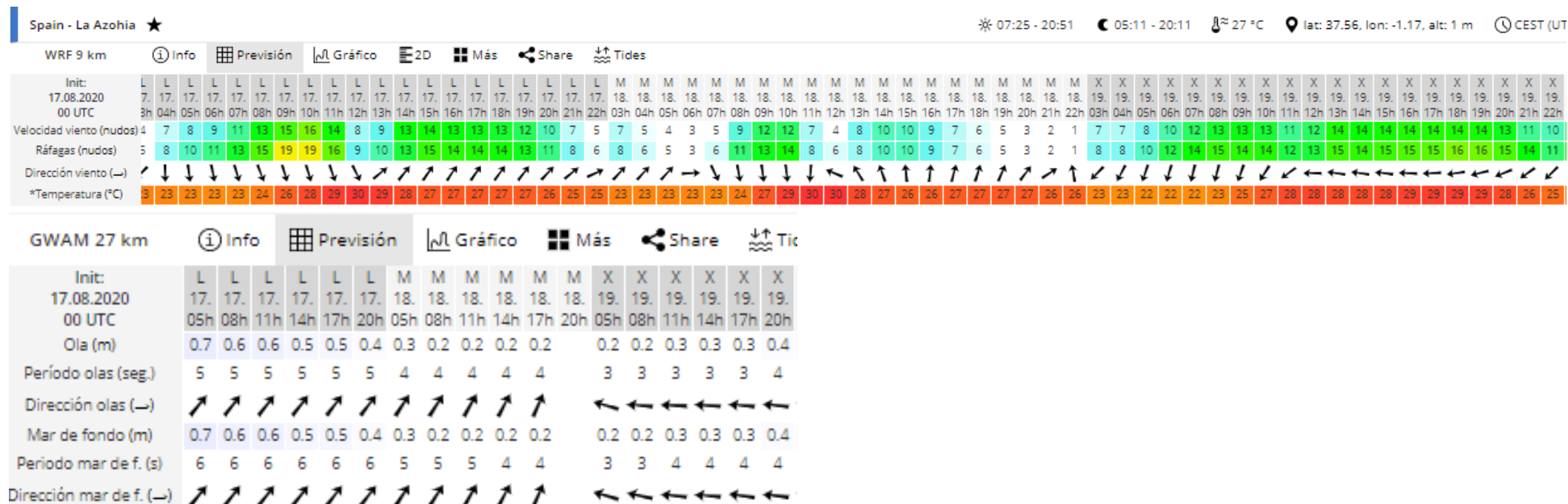


Figura 8. Histórico de datos meteorológicos obtenidos en WindGuru (<https://www.windguru.cz/>) para los días del estudio de hidrodinámica nº 3 (del 18-08-2020 hasta el 19-08-2020). Arriba: pronóstico del viento. Abajo pronóstico oleaje y mar de fondo.

Seguidamente, se pueden observar una serie de imágenes (Figuras 8 a la 13) que muestran la colocación y retirada de las distintas estructuras en los puntos de estudio:



Figura 9. Descenso por el cabo de la boya señalizadora de la estructura.

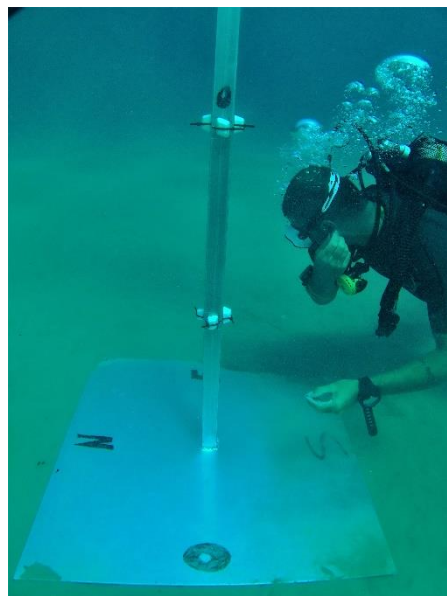


Figura 10. Orientación de la estructura en el fondo según los puntos cardinales mediante brújula.

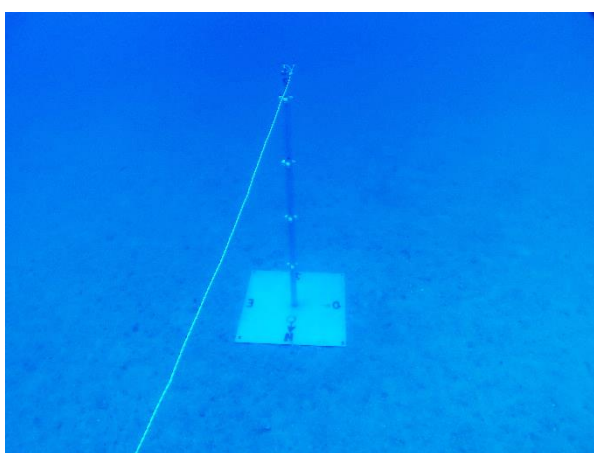


Figura 11. Estructura colocada con la correcta orientación en fondo sin Posidonia.



Figura 12. Colocación de las estructuras en la embarcación para retirar los clodcards.

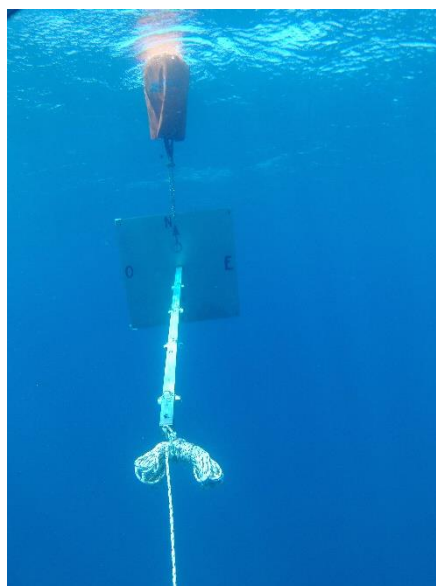


Figura 13. Retirada de la estructura mediante su elevación con globo.



Figura 14. Imagen de los clod cards tras los estudios de hidrodinámica en el que se aprecia el desgaste de las piezas.

Una vez recogidas las *clod cards* tras el estudio de hidrodinámica, se registró para calcular la diferencia de peso (Figura 15). Así, se obtiene un valor aproximado sobre la intensidad de la hidrodinámica en cada punto.

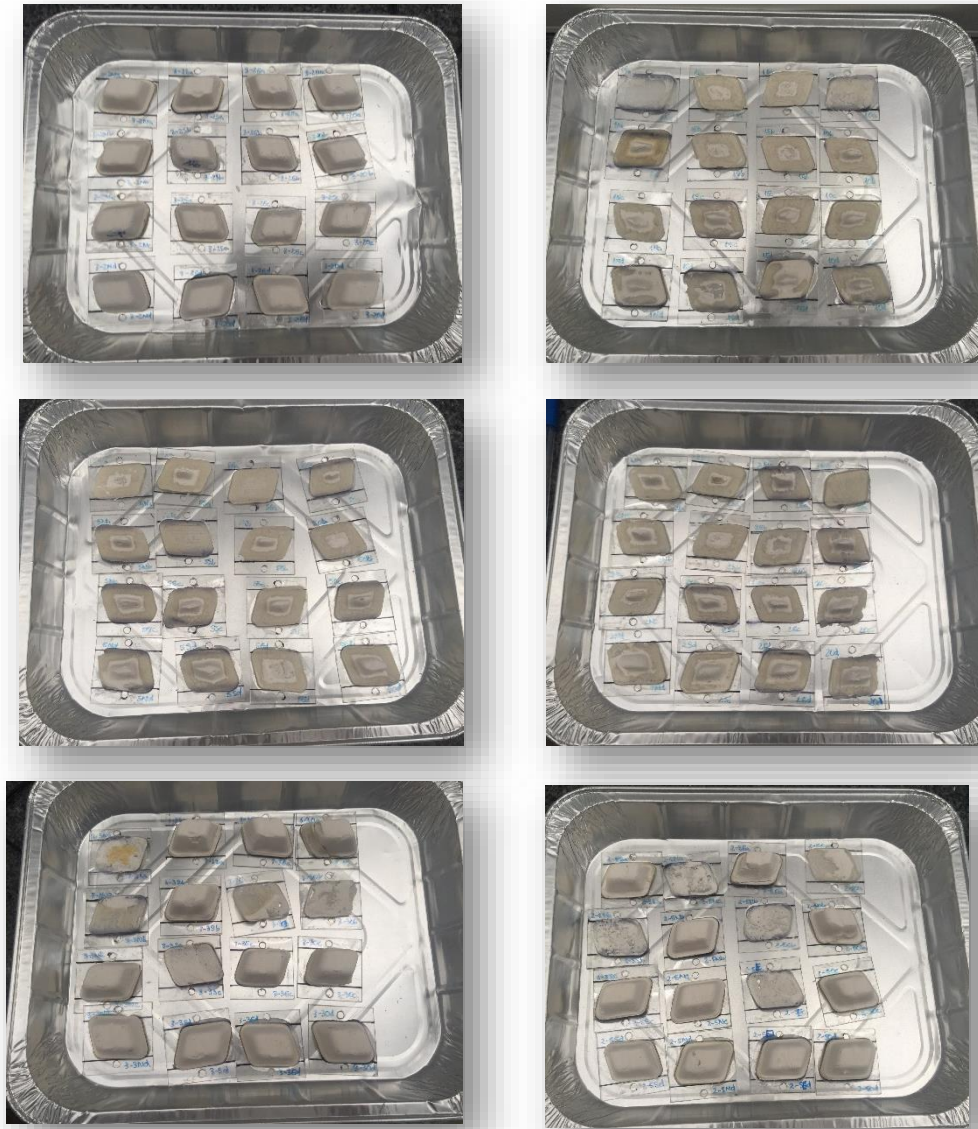


Figura 15. *Clod cards* en bandejas de aluminio para el cálculo del peso final.

3.1.2. Resultados

A continuación, se van a presentar los resultados obtenidos en los tres estudios de hidrodinámica realizados. Para cada uno de ellos, se muestra: por una parte, las diferencias en la pérdida de peso en las diferentes alturas y orientaciones de cada punto estudiado (Figuras 16 a 28); por otra parte, un gráfico que compara los promedios de pérdida de peso en todos los puntos que comprendía cada estudio (Figura 29). Finalmente, se muestran distintas comparaciones entre todos los puntos de estudio en cuanto a sus diferencias en pérdida de peso de los *clod cards* y la temperatura (Figura 30).

Con estos datos se pretende seleccionar un punto en el que la mayor pérdida de peso pueda indicar mayor hidrodinamismo, a la vez de observar a qué alturas y orientaciones puede existir

más corriente. Estos resultados, junto con los datos de temperatura y profundidad servirán para la elección final del punto de hundimiento del arrecife artificial.

En EL Anexo III de la FV1.3 pueden consultarse los resultados completos de todos los estudios junto con algunas características del punto en el que se colocaron las estructuras. En estas tablas, algunos valores de peso final figuran en amarillo y su correspondiente valor de pérdida de peso, en blanco. Esto es debido a que se han eliminado del estudio por pérdida completa del *clod card*, muy probablemente debida al despegado de la misma de su placa, por tanto, no se ha contabilizado. Por este mismo motivo, en algunos de los gráficos este dato no está presente.

3.1.2.1. Resultados del estudio de hidrodinámica nº 1: 04/08/2020 (recogida) y 07/08/2020 (retirada)

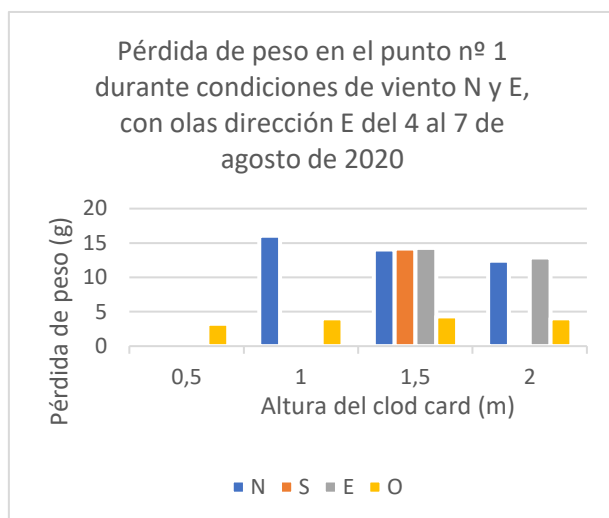


Figura 16. Resultados de la pérdida de peso en el punto 1: 37.564800,-1.191251 (9m)

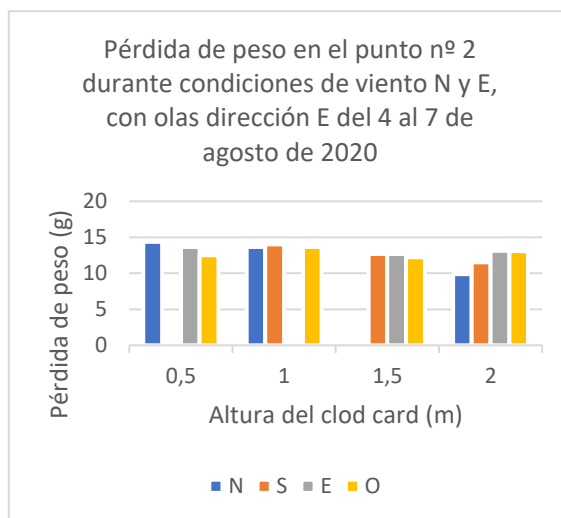


Figura 17. Resultados de la pérdida de peso en el punto 2: 37.559158,-1.185143 (15,8m)

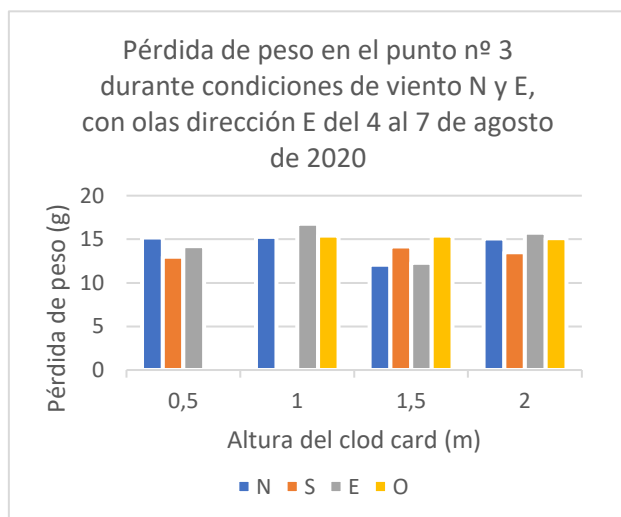


Figura 18. Resultados de la pérdida de peso en el punto 3: 37.555553,-1.188372 (25,5).

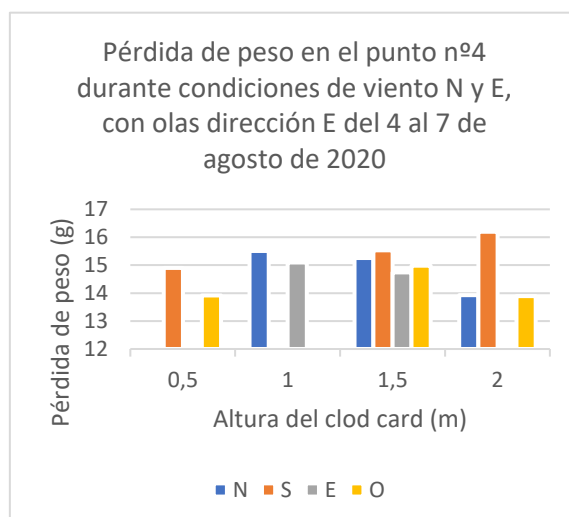


Figura 19. Resultados de la pérdida de peso en el punto 4: 37.553902,-1.185739 (26,1).

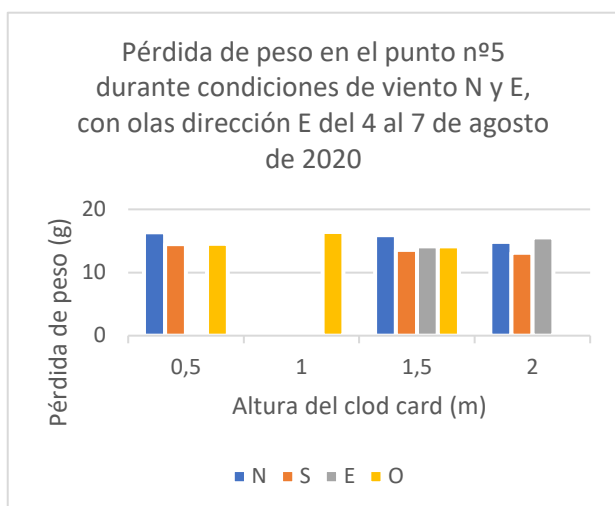


Figura 20. Resultados de la pérdida de peso en el punto 5: 37.552315,-1.183758 (27,4m).

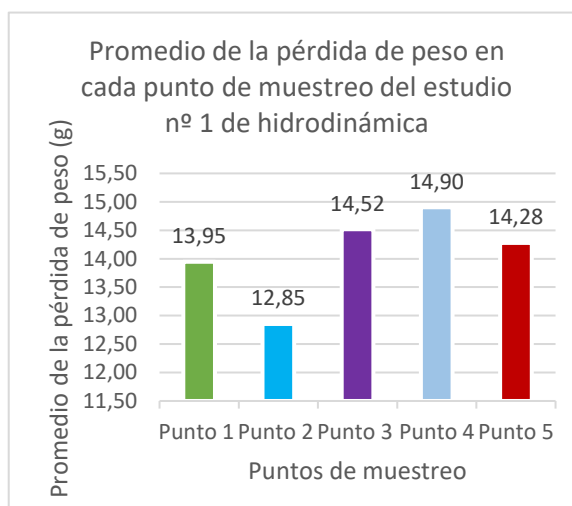


Figura 21. Gráfico comparativo del promedio de pérdida de peso en los 5 puntos del estudio nº 1 de hidrodinámica.

Como puede observarse en la Figuras 16, 17, 18, 19 y 20 no se aprecia, en general, demasiada diferencia de pérdida de peso entre las distintas orientaciones y alturas en esos puntos. En el punto 1 (Figura 16), sí que aquellas *clod cards* que se situaban en la orientación oeste han sufrido menos pérdida de peso respecto a las otras. También puede observarse que el punto 4 (Figura 19) presenta algunas diferencias notables a los 2 metros respecto al resto de alturas y orientaciones.

Por otra parte, según nos muestra la Figura 21, aquellos puntos de muestreo más profundos (punto 3 -25,25m-, punto 4 -26,1m- y punto 5 -27,4m-) son los que más pérdida de peso promedio experimentan en las 72h que duró el estudio, siendo el punto 4 el que experimenta más desgaste.

Teniendo en cuenta lo comentado anteriormente y también los datos de temperatura de los puntos (las cuales pueden consultarse en el Anexo III), se han descartado las profundidades más someras (Punto 1 y 2) como posible ubicación, ya que parece que existe menos desgaste y también unas temperaturas muy altas (28 °C en los días del estudio), lo que no es adecuado para un gran porcentaje de especies de coral.

En cuanto a los tres puntos restantes, se decidió seguir realizando estudios entorno a esas profundidades para determinar diferencias entre ellas.

3.1.2.2. Resultados del estudio de hidrodinámica nº 2: 13/08/2020 (recogida) y 14/08/2020 (retirada).

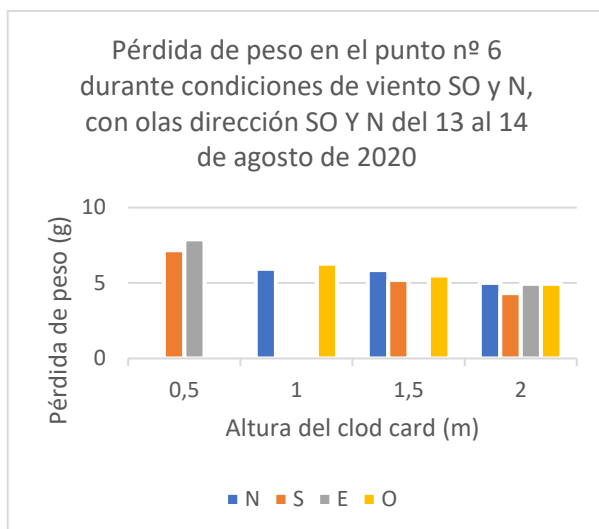


Figura 22. Resultados de la pérdida de peso en el punto 6: 37.554642,-1.184532 (22,1m).

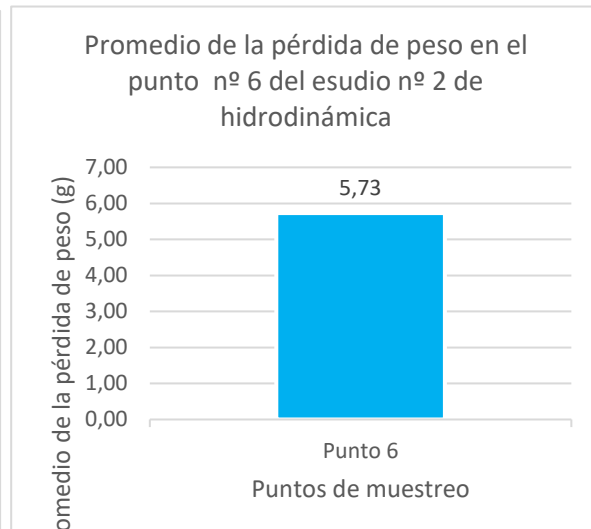


Figura 23. Gráfico del promedio de pérdida de peso en el estudio nº 2 de hidrodinámica

En este estudio se buscó una profundidad intermedia de 22,1m en una zona más fría (22°C) para ver cómo afectaban las condiciones de hidrodinámica. Como se aprecia en la Figura 22, no hay mucha diferencia entre las distintas alturas y orientaciones. Ligeramente, los *clod cards* situados más cerca del fondo poseen mayor desgaste. Por tanto, de forma aproximada, podemos deducir que existe en estas alturas algo más de hidrodinámica. El promedio de pérdida es de 5,73g en 24h (Figura 23).

3.1.2.3. Resultados del estudio de hidrodinámica nº3: 18/08/2020 (recogida) y 19/08/2020 (retirada).

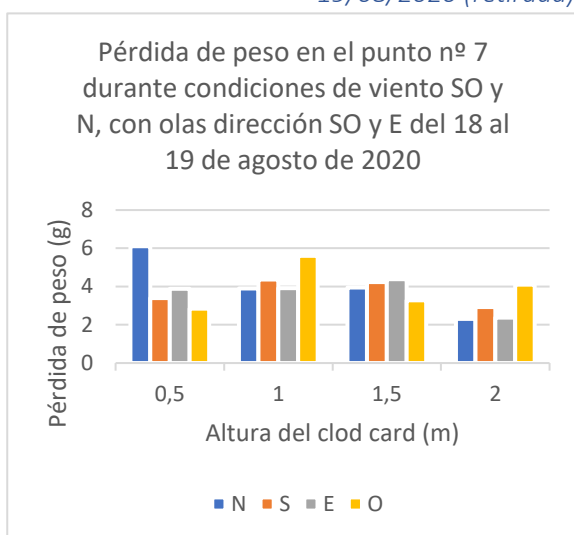


Figura 24. Resultados de la pérdida de peso en el punto 7: 37.553459,-1.182920 (23,7m).

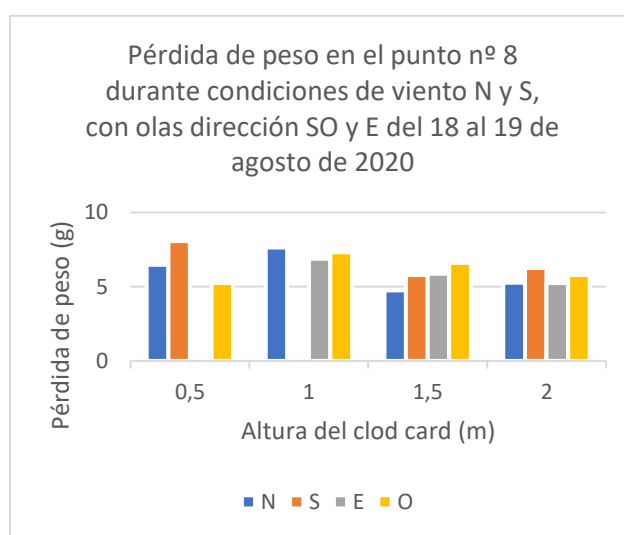


Figura 25. Resultados de la pérdida de peso en el punto 8: 37.544506,-1.172374 (25m).

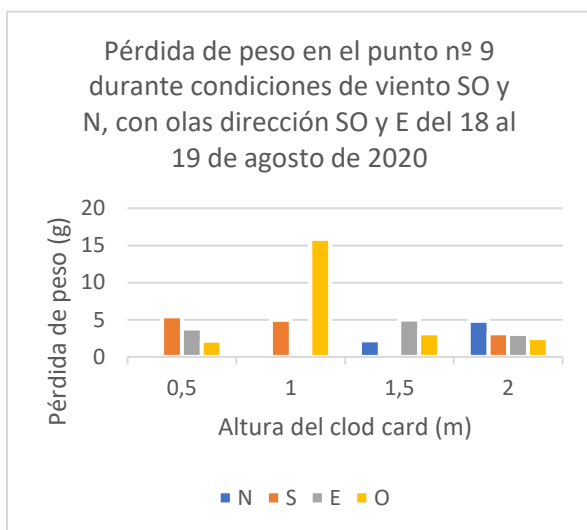


Figura 26. Resultados de la pérdida de peso en el punto 9: 37.553459,-1.182920 (23,7m).

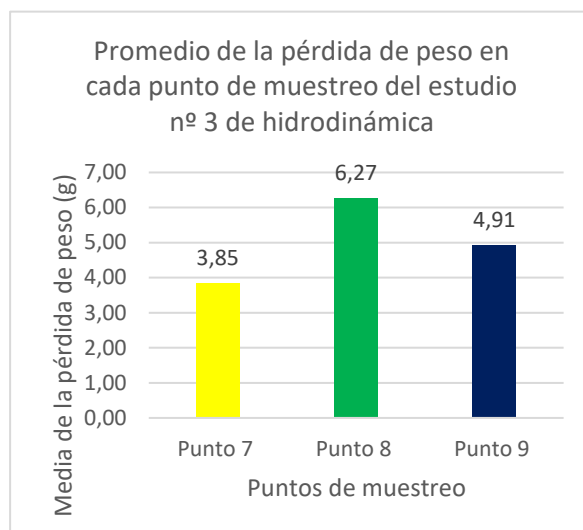


Figura 27. Gráfico comparativo del promedio de pérdida de peso en los 3 puntos del estudio nº 3 de hidrodinámica.

Para este estudio se volvieron a seleccionar dos puntos a profundidades entorno a los 23m, y 27m, donde en los estudios previos se vio mayor desgaste. Además, se añadió un nuevo punto, a unos 25m, más cerca de las paredes rocosas del cabo para estudiar si en una ubicación distinta al fondo arenoso había variación en los resultados.

Por otra parte, Se buscó una fecha en la que hubiera vientos con predominancia de dirección SO (el que tiene mayor intensidad en la zona) para registrar el desgaste por hidrodinamismo en esas condiciones (Figura 7).

En este último estudio, vemos que el punto 9 (Figura 26) ha perdido poco peso a excepción de la orientación oeste a los 1m de altura. En cuanto al punto 7 (Figura 24) y el punto 8 (Figura 25) vemos que las diferencias entre alturas y orientaciones no son tan diferentes. En el caso del punto 7, el desgaste parece ser menor a la altura de 2m.

En cuanto al promedio de peso perdido en los tres puntos (Figura 27), podemos apreciar que el punto número 8 se diferencia de los otros en cuanto a pérdida de volumen, lo que nos sugiere una mayor hidrodinámica.

3.1.2.4. Comparación de pérdida de peso entre los tres estudios de hidrodinámica realizados.

Para poder comparar los resultados entre los puntos que se han seleccionado en este estudio de hidrodinámica, se ha elaborado una gráfica con los promedios de pérdida de peso en cada uno (Figura 28). En ella se puede observar que los puntos 6 y, 8 (situados a 22,1 y 25m, respectivamente) han mostrado los mayores valores de pérdida de peso. Por otra parte, los puntos 7 y 9 (situados a 24 y 27m, respectivamente) han sido los puntos que menos desgaste han experimentado.

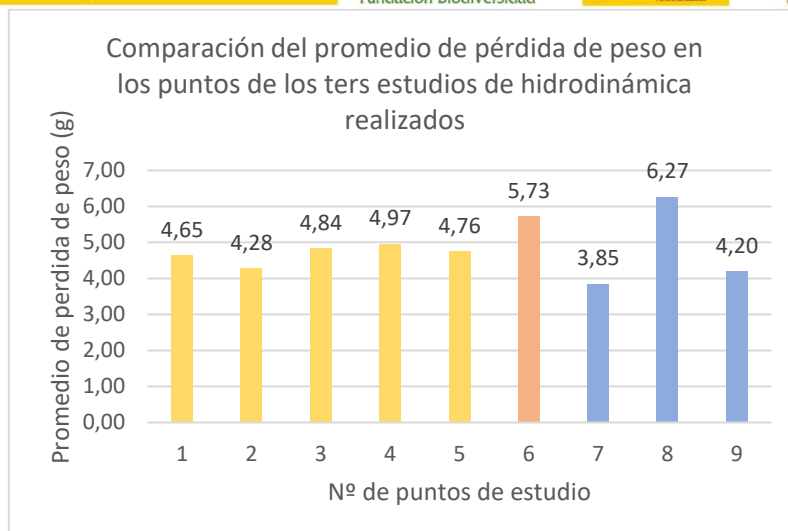


Figura 28. Gráfico comparativo del promedio de pérdida de peso en los 9 puntos totales del estudio de hidrodinámica, en las tres fechas de agosto. En amarillo el estudio número 1, en naranja el número 2 y en azul el número 3.

3.1.2.5. Comparación entre las temperaturas de los puntos del estudio de hidrodinámica.

En la Figura 30 se ha establecido una comparación entre las distintas temperaturas en el fondo (donde se situará el arrecife artificial) en cada punto en las fechas del mes de agosto en las que se ha realizado el estudio. Las temperaturas más bajas se registraron en los puntos 7 y 8, seguidas del punto 6.

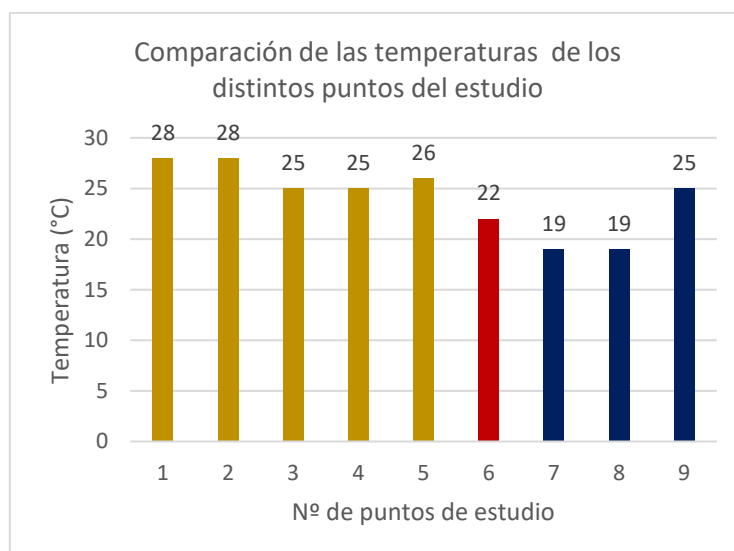


Figura 29. Gráfico comparativo de las temperaturas registradas en fondo en los 9 puntos totales del estudio de hidrodinámica en las tres fechas de agosto. En marrón el estudio número 1, en rojo el número 2 y en azul oscuro el número 3.

3.1.2.6. Conclusiones del estudio de hidrodinámica

Tras realizar una comparación entre los tres estudios de hidrodinámica realizados (Figura 29) se ha llegado a la conclusión que en el punto nº 8 existe mayor desgaste de los *clod cards*, siendo este ligeramente superior a una altura entre los 0,5 y 1 m. Este último dato podría indicarnos que aquellas especies de coral que necesiten un mayor hidrodinamismo, podrían situarse a estas alturas del arrecife artificial. Además, se tendrá en cuenta para su construcción, en el que se intentará crear un diseño que facilite las corrientes.

Por otra parte, el mayor desgaste en este punto 8, se ha registrado en unas fechas en las que el oleaje y el mar de fondo tenía una dirección SO y E, que son los que más incidencia tienen en esta zona, lo que nos indica que, en estas condiciones, ese punto podría ofrecer la mayor hidrodinámica posible.

En el punto 8, también se ha registrado la menor temperatura (junto con el punto 7) en el contexto de las fechas de muestreo realizadas en el mes de agosto. Este dato es también interesante, pues el óptimo de desarrollo de la mayoría de especies de corales se encuentra entre los 11°C y los 25 °C, ya que temperaturas mayores pueden provocar la calcificación y el consecuente blanqueamiento (Aguilar, 2007).

Finalmente, tras valorar estos resultados en su conjunto, y por su ubicación, cerca de la pared rocosa, la que lo protege más de la exposición solar durante ciertas horas del día, el punto 8, con unas coordenadas de 37.544506, -1.172374, a unos 25m, ha sido el seleccionado para la ubicación del futuro arrecife artificial del proyecto CORAL3D.

Finalmente, es necesario destacar que el estudio de hidrodinámica mediante *clod cards* es un método aproximativo de medir las corrientes y que, para una información más completa, habría que recurrir a otros métodos más avanzados y prolongados en el tiempo (distintos meses y condiciones meteorológicas). Sin embargo, el estudio de hidrodinámica sencillo que se ha realizado en el proyecto ha tenido el propósito de proporcionarnos una idea aproximada, dentro de la duración del proyecto y los tiempos disponibles en el cronograma, de qué ubicación puede ser la más adecuada para las especies de coral mediterráneas.

3.2. Acotación del área seleccionada

El punto de fondeo seleccionado se encuentra a una profundidad de unos 25m, en un fondo arenoso sin pradera de Posidonia, geolocalizado en 37.544506, -1.172374 (Figura 31) pareció ser el más apropiado, ya que presentaba condiciones potenciales para el desarrollo de corales mediterráneos. Además de por los resultados obtenidos en el estudio, se consideró interesante esta área en concreto por la ausencia de distintos tipos de nichos (pradera o estructuras rocosas) en comparación con el medio que la rodea (Figura 32). En este sentido, la instalación del arrecife artificial en este punto podría aumentar las posibilidades de colonización por organismos y aumentar así su biodiversidad.



Figura 30. Punto de fondeo del arrecife artificial localizado en la célula D de la RMIP de Cabo Tiñoso (señalizado con un marcador amarillo).



Figura 31. Detalle del punto en el que será fondeado el arrecife artificial de CORAL3D

Una vez fondeada la estructura, esta quedará localizada con una boya amarilla de señalización. El área total que ocupará en el fondo marino será 0,0004 ha. Esta ubicación quedará señalizada con una boya y será comunicada al Servicio de Pesca y Acuicultura de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (CARM).

4. Especie de coral seleccionada

De las cinco especies candidatas de corales, se ha centrado el objetivo del proyecto en una, en *Leptopsammia pruvoti* (coral amarillo) (Figura 33).



Figura 32. *L. pruvoti* ©Club d'Immersió Biologia (<https://www.cibsub.cat/>).

Se ha elegido este coral por varias razones:

- Es un hexacoralario que pertenece a la familia de los corales duros (escleractinios) y forma un esqueleto de carbonato cálcico. Este aspecto es importante para los objetivos del trabajo orientados a la mitigación del cambio climático.
- En los alrededores del área escogida para el fondeo, existe una zona con numerosos organismos desprendidos que se sitúan en el fondo, lo que ofrece facilidad para su recolección y para realizar una acción de restauración.
- Es una especie incluida en el Anexo II del convenio CITES.
- Su hábitat es compatible con la zona escogida para la ubicación del arrecife. Es una especie del infralitoral, por lo que puede desarrollarse a una profundidad aproximada de 25m en la que se ubicará el arrecife.
- Habita en lugares umbríos, por lo que la configuración de la estructura artificial, con oquedades y paredes puede favorecer su desarrollo.

Además, asociada a esta especie, pueden aparecer otras muy interesantes desde el punto de vista biológico, pues *L. pruvoti* es característica de la comunidad del precoralígeno y coralígeno (Moreno et al., 2008). El coralígeno es muy importante porque algas y corales pueden fijar e incorporar sedimentos de carbonato cálcico, generando una gran biomasa que facilita el asentamiento de otros organismos (Aguilar, 2007). Además, en cuanto a términos de biodiversidad, estos hábitats están considerados como el segundo ecosistema bentónico más importante en el Mediterráneo (RPA/SPA, 2019).

Finalmente, como ya mencionamos en anteriores informes, además de la especie objeto, se espera incluir otras especies pertenecientes a los antozoos o briozoos que puedan encontrarse en los fondos durante las inmersiones, ya que así se aumentaría la diversidad de especies en el arrecife artificial.

5. Referencias

- Aguilar, R. (2007). Los corales del Mediterráneo. En *Los corales del Mediterráneo*.
- Angradi, T., & Hood, R. (1998). Application of the plaster dissolution method for quantifying water velocity in the shallow hyporheic zone of an Appalachian stream. *Freshwater Biology*, 39, 301-3015. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.1998.00280.x>
- Calvín, J. C. (2003). *Fondos marinos de Murcia: tipos, paisajes, flora y fauna, estado de conservación y mejores inmersiones*. A.G. Novograf, S.A.
- Doty, M. S. (1971). Measurement of Water Movement in Reference to Benthic Algal Growth. *Botanica Marina*, 14(1), 32-35. <https://doi.org/10.1515/botm.1971.14.1.32>
- Jokiell, P. L., & Morrissey, J. I. (1993). Water motion on coral reefs: evaluation of the «clod card» technique. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 93, 175-181.
- Leichter, J. J., & Witman, J. D. (1997). 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. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 209(1-2), 293-307. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(96\)02702-5](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(96)02702-5)
- Moreno, D., López González, P., & De la Linde, A. (2008). *Astroides calycularis* (Pallas, 1766). En *Libro Rojo de los Invertebrados de Andalucía* (Número April 2017, pp. 281-286).
- NOAA. (2013). *Clod Cards*. National Oceanic and Atmospheric Administration. <https://oceanexplorer.noaa.gov/technology/tools/clodcards/clodcards.html>
- Palacios Milambres, M. (2018). Estudio de la viabilidad de repoblación de las colonias de coral naranja (*Astroides calycularis*) desprendidas en la isla de Tarifa. *Almoraima. Revista de Estudios Campogibraltares*, 49, 171-184.
- RPA/SPA. (2019). *Coralligenous & other Calcareous Bio-concretions in the Mediterranean*. Regional Activity Centre for Specially Protected Areas. <http://www.rac-spa.org/coralligenous>
- Thompson, T. L., & Glenn, E. P. (1994). Plaster standards to measure water motion. *Limnology and Oceanography*, 39(7), 1768-1779. <https://doi.org/10.4319/lo.1994.39.7.1768>