

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

Master en Eval. Amb. Ecosistemas marinos y Cost.



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA POLITECNICA
SUPERIOR DE GANDIA

“Procesos de sedimentación y resuspensión en un enclave coralígeno: el caso de la vinyeta”

TRABAJO FINAL DE MASTER

Autor/a:
Aninda Dewi Hindrawati

Tutor/a:
Miguel Rodilla Alamá

GANDIA, 2015

RESUMEN

La comunidad del Coralígeno está considerada como uno de los puntos calientes, más importante, de la biodiversidad de especies en el Mar Mediterráneo. La estructura compleja de esta roca biogénica es una contribución de alga coralina y también organismos bioconstructores. El crecimiento de las algas coralinas depende de la luz incidente que estará directamente influenciada por la sedimentación. Este estudio se realizó en una concreción de coralígeno denominada la Vinyeta que se encuentra a unas 2 millas náuticas de Gandía y unos 17 metros de profundidad. Las tasas de sedimentación y resuspensión fueron medidas y estimadas en cuatro puntos por encima de esta formación, y un punto fuera del borde por encima del sedimento arenoso fangoso. Aunque no es estadísticamente significativo, las tasas de resuspensión difería entre cada punto, sobre todo el que fue instalado fuera del enclave. Las tasas oscilaron entre 2,05 - 26,52 g m⁻² d⁻¹ en el enclave, mientras fuera del borde el valor alcanzaron 17,01 - 708,94 g m⁻² d⁻¹. Además, la deposición de sedimentos fuera del borde de coralígeno podría estar más influenciada por la condición hidrodinámica y meteorológica en comparación con los otros. Debido a su rugosidad, el coralígeno podría retener 1,5 - 3,6 kg m⁻² año⁻¹ de sedimento que más tarde se convertiría en parte de esta roca biogénica. También se halló que existía mayor fracción orgánica en material sedimentable que en el material resuspendido a partir de su contenido de clorofila *a*.

Palabras clave: Coralígeno, sedimentación, resuspensión, Mediterráneo, la Vinyeta

ABSTRACT

Coralligenous concretions considered as one of the most important hot spot of species biodiversity in Mediterranean Sea. The complex structure of this biogenic rock is contributed by coralline alga and also engineer organisms. This study took place at a coralligenous concretions called Vinyeta which emerged at about 2 nautical miles from Gandía and about 17 meters deep. Sedimentation and resuspension rate were investigated at four points above this formation, and one point outside the border above the muddy sandy sediment. Although not statistically significant, the resuspension rate differed between each point, especially the one outside the assemblage. The rate oscillated between 2,05 – 26,52 g m⁻² d⁻¹ on coralligenous assemblage, whereas on the muddy sandy sediment the value reach 17,01 – 708,94 g m⁻² d⁻¹. Furthermore, the deposition of sediment outside the border of corraligenous assemblage could be more easily influenced by hydrodynamic and meteorological condition compare to others. Due to its rugosity, coralligenous habitat could retain 1,5–3,6 kg m⁻² year⁻¹ of sediment which later would become a part of this biogenic rock. The result of the study also indicated that there were higher organic fractions in settleable material than in resuspended material from their chlorophyll *a* content.

Key words: Coralligenous concretion, sedimentation, resuspension, Medirreanean Sea, Vinyeta

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría dar las gracias a Miguel Rodilla como mi tutor que me ayudó en cada parte de este trabajo, como instalar las trampas de sedimentos, dar consejos y críticas útiles, incluso revisar mi pobre castellano con paciencia. Necesito más que 'gracias' para expresar mi agradecimiento. En segundo lugar, me gustaría dar las gracias a las personas que contribuyeron en el trabajo relacionado con el buceo, que son Rafael Peláez, Juan Pablo Martín Díaz, Enrique Alonso, Ángel, Matías, Jonatán Mendoza, y algunos estudiantes del master del año 2014-2015. También, a Javier Sospedra que me enseñó la metodología relacionada con el trabajo y cómo funcionaba *Acoustic Doppler Current Profiler* (aunque al final no pudimos usarlo). Y, por supuesto a Julia Escrivá, a quien siempre le pregunte sobre todos los trabajos en el laboratorio, a Silvia por sus sugerencias y no se olvidan de Ferran y Felipe que también me ayudaron durante el muestreo. A mis amigos que, a pesar de que no dieron la contribución directa, siempre me apoyaban, sobre todo Pavina Ounsisomphou. A continuación, me gustaría dar mi mayor agradecimiento a mis padres y Afrizon Setiawan por ser siempre mi motivación e inspiración. El último pero no menos importante, me gustaría dar las gracias a Allah porque sin su bendición nunca hubiera estado en este lugar en este momento.

ÍNDICE

RESUMEN.....	ii
ABSTRACT.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE TABLA	v
ÍNDICE DE FIGURA	vi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIAL Y METODOS.....	6
2.1 Zona de Estudio.....	6
2.2 Franja de Estudio Permanente.....	7
2.3 Muestreo con Trampas de Sedimentos.....	8
2.3.1 <i>Método de Muestreo</i>	8
2.3.2 <i>Método de Análisis de Laboratorio</i>	10
2.4 Análisis Estadísticos	12
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
3.1 Datos Meteorológicos e Hidrodinámicos	14
3.1.1 <i>Viento</i>	14
3.1.2 <i>Oleaje</i>	14
3.2 Análisis de las Tasas de Sedimentación	28
3.2.1 <i>Resultados de las Tasas de Sedimentación</i>	28
3.2.2 <i>Las Características de Cada Punto</i>	31
3.2.3 <i>Limitaciones del Uso de las Trampas de Sedimento</i>	32
3.2.4 <i>Efecto de los Factores Hidrodinámicos y Meteorológicos a la Resuspensión del Sedimento</i>	34
3.2.5 <i>Retención del Sedimento en la Zona Coralígeno</i>	36
3.2.6 <i>Contribución de Fracción Orgánica</i>	37
4. CONCLUSION Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN.....	39
5. BIBLIOGRAFÍA.....	41

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 2.1 Ubicación de las balizas	7
Tabla 2.2 Periodo de instalación de las trampas de sedimentos	10
Tabla 3.1 Velocidad media y máxima en cada muestreo	14
Tabla 3.2 Datos del oleaje	17
Tabla 3.3 Resultados de estimación de deposición total (Dt)	28
Tabla 3.4 Los valores de tasa de sedimentación y resuspensión	30
Tabla 3.5 Coeficientes de correlación de Pearson para cada par de variables	35
Tabla 3.6 Tasas de deposición primaria en distintas localizaciones en el Mediterráneo occidental.....	37
Tabla 3.7 Tasas de resuspensión en distintas localizaciones en el Mediterráneo occidental	38

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 2.1	Localización de la zona de estudio. A partir del trabajo de Peláez (2014)	6
Figura 2.2	Los puntos de instalación de las trampas de sedimentos (sin escala)	9
Figura 2.3	Las trampas de diferente profundidad en cada punto (sin escala)	9
Figura 2.4	(a) Una trampa de sedimento; (b) Instalación de las trampas de sedimentos .	10
Figura 2.5	Esquema del perfil del método de extracción (según Valeur, 1994). Ft = flujo total de deposición, Fp = flujo de deposición primaria, Fr = flujo de resuspensión de sedimentos, Dp = tasa de deposición primaria, Dr = tasa de deposición resuspendida, Dt = tasa de deposición total.	12
Figura 3.1	Frecuencia e intensidad de la procedencia del viento durante cada muestreo: (a) 1-7 Agosto 2014 (146 incidencias), (b) 7-13 Octubre 2014 (146 incidencias), (c) 18-24 Noviembre 2014 (146 incidencias), (d) 17 Abril – 14 Junio 2015 (830 incidencias)	15
Figura 3.2	Frecuencia e intensidad de la procedencia del oleaje (altura significativa espectral) durante cada muestreo: (a) 1-7 Agosto 2014 (146 incidencias), (b) 7-13 Octubre 2014 (146 incidencias), (c) 18-24 Noviembre 2014 (146 incidencias), (d) 17 Abril – 2 Mayo y 26 Mayo – 14 Junio 2015 (830 incidencias)	16
Figura 3.3	Altura significativa espectral, periodo medio espectral, y periodo de pico espectral durante:.....	18
Figura 3.4	Frecuencia e intensidad de la procedencia del mar de viento (altura significativa espectral) durante cada muestreo: (a) 1-7 Agosto 2014 (77 incidencias), (b) 7-13 Octubre 2014 (43 incidencias), (c) 18-24 Noviembre 2014 (40 incidencias), (d) 17 Abril – 14 Junio 2015 (238 incidencias)	21
Figura 3.5	Frecuencia e intensidad de la procedencia del mar de fondo 1 (altura significativa espectral) durante cada muestreo: (a) 1-7 Agosto 2014 (129 incidencias), (b) 7-13 Octubre 2014 (95 incidencias), (c) 18-24 Noviembre 2014 (107 incidencias), (d) 17 Abril – 2 Mayo y 26 Mayo – 14 Junio 2015 (719 incidencias)	22
Figura 3.6	Frecuencia e intensidad de la procedencia del mar de fondo 2 (altura significativa espectral) durante cada muestreo: (a) 1-7 Agosto 2014 (51 incidencias), (b) 7-13 Octubre 2014 (30 incidencias), (c) 18-24 Noviembre 2014 (95 incidencias), (d) 17 Abril-2 Mayo y 26 Mayo-14 Junio 2015 (414 incidencias)	23

Figura 3.7	Altura significativa espectral, altura significativa espectral de viento, altura significativa espectral de mar de fondo 1 y 2 durante: (a) 25 Julio – 14 Agosto 2014, (b) 30 Septiembre – 20 Octubre 2014, (d) 11 Noviembre – 1 Diciembre 2014	24
Figura 3.8	Periodos del oleaje durante: A) 25 Julio – 14 Agosto 2014, B) 30 Septiembre – 20 Octubre 2014, C) 11 Noviembre – 1 Diciembre 2014.....	26
Figura 3.9	Gráficos para la estimación de Dt en : (a) 1-7 Agosto 2014; (b) 7-13 Octubre 2014; (c) 18-24 Noviembre 2014; (d) 17 Abril – 14 Junio 2015.....	29
Figura 3.10	Las zonas donde se colocaron las trampas: (a) Punto 0, (b) Punto 1, (c) Punto 3, (d) Punto 4.....	32
Figura 3.11	(a) y (b) La condición de las trampas del sedimento después de haber sido colocado durante 58 días en abril-junio 2015.....	33
Figura 3.12	Matriz de dispersión	35
Figura 3.13	Dp CI-a y Dr CI-a en: a) 1-7 Agosto 2014; b) 7-13 Octubre 2014; c) 18-24 Noviembre 2014, d) 17 Abril – 14 Junio 2015.....	38

1. INTRODUCCIÓN

El mar Mediterráneo es el hogar para varias comunidades y se ha estimado que hay aproximadamente 12.000 especies inventariadas en él (Boudouresque, 2004). Aunque el Mediterráneo sólo ocupa 0,82% de la superficie del océano, este mar aporta sobre el 10% de las especies marinas del mundo (Bergbauer y Humberg, 2002). Una de las comunidades más importantes que contribuyen su biodiversidad es el coralígeno, que se considera el segundo punto caliente más importante de la diversidad de especies en el mar Mediterráneo después de las praderas de *Posidonia oceanica* (Boudouresque, 2004).

Según su origen, se puede clasificar el sustrato duro en el fondo del mar en dos tipos. El primero son rocas formadas por procesos geológicos, y el segundo son de origen biogénico, que se forma a partir de algas calcáreas y corales (Bergbauer y Humberg, 2002). Además, podemos distinguir dos tipos de rocas biogénicas: las rocas formadas fundamentalmente por hexacorarios con esqueleto calcáreo que forman los arrecifes de coral y las rocas formadas por algas calcáreas que forman arrecifes de algas coralinas. En ambos casos, otros organismos secretores de estructuras calcáreas tal como briozoos y poliquetos también forman parte de las rocas biogénicas, aunque con menor contribución (Peláez, 2014). El segundo tipo de rocas biogénicas es al que pertenece la biocenosis del coralígeno.

En el marco de la zonificación bentónica marina del Mediterráneo, el coralígeno es una acumulación tridimensional de material biogénico que forma un nuevo sustrato sólido dominado principalmente por algas rojas coralinas que crecen en condiciones de poca luz y agua relativamente tranquilas (Ballesteros, 2006; Bracchi *et al.*, 2014). En general, los arrecifes de algas coralinas crecen en condiciones de poca luz, pero normalmente su hábitat están restringidos a ambientes litorales sublitorales o de aguas poco profundas en todo el océano, ya que resisten el movimiento del agua turbulenta y la abrasión (Littler, 1973; Adey y Vassar, 1975; Laborel *et al.*, 1994). Sin embargo, el coralígeno es una excepción porque esta concreción de las algas concreción coralinas puede desarrollarse en aguas profundas del Mediterráneo, entre 20 y más de 120 m de profundidad (Ballesteros, 2006).

Las plantas y los animales que viven en coralígeno se clasifican como esciáfilas ya que crecen con bajo nivel de luz. Aunque más extenso y abundante en la zona circalitoral (Bracchi *et al.*, 2014), el coralígeno también pueden desarrollarse en la zona infralitoral, siempre que la luz sea suficientemente débil para permitir el crecimiento de las algas calcáreas que lo producen. En las zonas infralitorales, estas estructuras biogénicas crecen en las paredes casi verticales, en los canales profundos, o en voladizos, y ocupan superficies pequeñas. (Ballesteros, 2006).

El coralígeno debe ser considerado como un puzzle de comunidades en lugar de una sola comunidad, debido a su complejidad estructural. La presencia de una formación de algas coralinas permite el desarrollo de varios tipos de comunidades, incluyendo aquellos dominados por algas (parte superior de las concreciones), por suspensivosos (parte inferior de las concreciones, cavidades de la pared y salientes), por barrenadores (dentro de las concreciones) y por fauna de fondos blandos (en el sedimento depositado en las cavidades y agujeros) (Ballesteros, 2006). La abundancia de fauna como antozoos, briozoos, poliquetos y moluscos con esqueleto de carbonato de calcio contribuye a la acumulación de substrato duro en los conjuntos de coralígeno. Cuando están muertos, los esqueletos se quedan allí y se convierten en la base para otros nuevos individuos (Boero y Fraschetti, 2009).

El trabajo de Pérès y Picard (1964) resume los principales conceptos sobre las comunidades de coralígeno, definiendo el concepto de pre-coralígeno, y simplificando las categorías de Laborel (1961) en dos tipos de coralígeno: coralígeno sobre roca litoral y el coralígeno de plataforma, según al sustrato inicial (roca o sedimento), donde comenzó la concreción. Pérès y Picard (1964) propusieron una serie evolutiva relacionando las diferentes biocenosis de la zona circalitoral en el Mediterráneo, y sugirieron que la comunidad coralígeno fue la biocenosis clímax de esta zona. También utilizaron la palabra 'precoralígeno' para referirse a una facies con un gran desarrollo de la erección, no calcárea, sobre las algas esciáfilas y los invertebrados bioconstructores.

A pesar que ya fue acuñado por Lamarck (1801), el término *coralligène*, que más tarde se tradujo al coralígeno, se utilizó en primer lugar en su significado ecológico por Marion (1883). Este término significa literalmente 'productor de coral', ya que está relacionado con la abundancia de coral rojo (*Corallium rubrum*). Fue utilizado por primera vez para describir el fondo duro que los pescadores de Marsella llaman *broundo*, que encontraban a una profundidad de entre 30 y 70 m, por debajo de las praderas de *Posidonia oceanica* y sobre fondo fangoso costera. Actualmente, este término se pone en marcha el debate, porque la presencia de coral rojo en este tipo de fondo no es ni inevitable, ni exclusivo. Debido a su significado fisonómico, Boudouresque (1973) recomienda evitarlo. Ballesteros (2006) sugirió el uso del término 'hábitats de coralígeno' que describe mejor los diferentes tipos de hábitats incluidos en el alcance de este término.

En el actual contexto Europeo, el coralígeno es considerado como hábitat de 'interés de la comunidad (Directiva Hábitats 92/43 / CEE, código: 1170-1114) y se comprometió en breve para ser promovido como 'hábitat prioritario'. También se consideran como 'la zona ecológica de alto valor' desde el Convenio de Barcelona, que propuso, en 2008, un plan de gestión para los hábitats de coralígeno. Sin embargo, no existe un instrumento normativo para su protección (Feral *et al.*, 2014). El primer simposio dedicado al coralígeno tuvo lugar

en 2009 (UNEP-MAP-RAC / SPA, 2009), para extender el Plan de Acción para la Conservación de la vegetación marina (adoptada en 1999 por el Convenio de Barcelona) y la segunda tuvo lugar en 2014 (UNEP/MAP-RAC / SPA, 2014).

Los esfuerzos de conservación son importantes, porque a pesar de la baja dinámica de la construcción, el coralígeno tiene una importancia socioeconómica muy grande (Feral *et al.*, 2014). Estos hábitats forman la base de la riqueza específica del Mediterráneo (Bellan-Santini *et al.*, 1994; Relini, 2009) y son particularmente importantes debido a su amplia distribución, complejidad estructural, diversidad de especies, el papel en el flujo de energía y ciclo del carbono, y el valor económico (Bianchi y Morri, 2000; Martin *et al.*, 2013b, Bonacorsi *et al.*, 2014.). Sus valores de biomasa y producción son comparables a los arrecifes tropicales y sus valores económicos son más altos que las praderas marinas del Mediterráneo (Morten, 2010; Cánovas Molina *et al.*, 2014). Algunas de las actividades son altamente dependientes de ellos, como la pesca tradicional y el buceo (Feral *et al.*, 2014). Otro servicio muy probables prestado por los hábitats de coralígeno sería el secuestro de CO₂ (Martin *et al.*, 2013a; Noisette, 2013).

Algunos estudios demostraron la conexión entre el desarrollo de las comunidades de coralígeno o la sostenibilidad con diversos factores ambientales. Ballesteros (2006), por ejemplo, estudió los factores ambientales que influyen en el desarrollo de las comunidades de coralígeno que son luz, nutrientes, carbono orgánico particulado (POC), carbono orgánico disuelto (DOC), el movimiento del agua, la temperatura y la salinidad. La luz es probablemente el factor ambiental más importante con respecto a la distribución de los organismos bentónicos a lo largo de los fondos rocosos de la plataforma continental (Ballesteros, 1992; Martí *et al.* 2004, 2005). También es muy importante para el desarrollo y el crecimiento del coralígeno, ya que sus principales constructores son las macroalgas que necesitan suficiente luz para crecer, pero que no pueden soportar los altos niveles de irradiancia (Pérès y Picard 1964, Laubier 1966).

Es necesario realizar más estudios sobre los factores ambientales que afectan coralígeno porque son vulnerables a las actividades antropogénicas como el amarre, la pesca de arrastre, y / o buceo (Boudouresque, 2004). Otro factor que hay que destacar es la creciente tasa de sedimentación en las últimas décadas en muchas zonas costeras y marinas, que son una amenaza potencial para las comunidades litorales (Airoldi, 2003). Las actividades humanas han demostrado alterar el transporte de sedimentos en suspensión y aumentar la erosión en las cuencas. Estos afectarían a nivel de sedimentación en el sistema de litoral (Balata *et al.*, 2005). El incremento del uso excesivo de la tierra y la deforestación causa la pérdida de suelo y como un aumento de los productos resultado de la turbidez del agua y de la carga de sedimentación en la zona costera (Airoldi, 2003).

Es cierto que la cantidad de sedimento juega gran papel en el desarrollo coralígeno, ya que es uno de los principales factores que influyen en la estructura, biomasa, y el metabolismo de las comunidades bentónicas marinas. La rugosidad de coralígeno promueve la deposición de las partículas que intervienen en la acumulación de la estructura coralígeno través de complejos procesos de litificación (Marshall, 1983). Un estudio realizado por Balata *et al.* (2005) demostró que el nivel de deposición de sedimentos afecta el desarrollo de las comunidades de coralígeno de forma predecible. Se puede concluir que los céspedes fueron más extensos en zonas de baja deposición de sedimentos, mientras que algas erectas e incrustantes eran más extensas en áreas de baja deposición de sedimentos. Invertebrados incrustantes caracterizan superficies verticales y eran más extensos en zonas de deposición de sedimentos alta (Balata *et al.*, 2005).

Sin embargo, la alta tasa de sedimentación puede llevar a algún efecto negativo para el coralígeno: partículas de sedimento pueden cubrir los tallos de las coralinas incrustantes y bloquear la luz (Laborel, 1961), así como prevenir el reclutamiento de nuevas plantas (Sartoretto, 1996). La turbidez del agua causada por los sedimentos resuspendidos puede limitar el crecimiento de algas. En algunos casos, los sedimentos pueden obstruir el sistema de filtrado de los organismos sésiles, por lo tanto, ralentizar su crecimiento y proceso metabólico. Incluso puede causar la muerte del organismo sésiles en algún caso grave (Irving y Connell, 2002; Airoldi, 2003).

Airoldi y Cinelli (1997) demuestran que las altas tasas de deposición de sedimentos pueden ser una amenaza para la riqueza global y la diversidad de las comunidades. Otro estudio realizado por Roghi *et al.* (2010) mostró que el aumento de la temperatura de superficie, junto con el aumento de la velocidad de sedimentación fueron los principales factores que influyeron en la evolución reciente de los hábitat de coralígeno.

Esos estudios sólo prueban que la velocidad de sedimentación y el crecimiento del coralígeno necesitan formar un equilibrio para mantener la sostenibilidad de la comunidad. Algunas de las partículas de sedimento que se retienen en la estructura de coralígeno se incluirían en la concreción, mientras que muchos de ellos son eliminados por los diferentes navegadores, y otros se volvieron a suspender por las corrientes, por los organismos y la gravitación. Debido a su diferencia de rugosidad, cada conjunto coralígeno demuestra diferente capacidad de retención de sedimentos. El movimiento del agua, que generalmente disminuye con la profundidad, también debe tenerse en cuenta (Ballesteros, 2006). Según un estudio realizado por Sartoretto (1996) en la región de Marsella, se encontró que las concreciones coralígeno situados a una profundidad entre 30 y 60 m retenidos unos $9 \text{ kg m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ de partículas de sedimento, mientras que la retención en aguas poco profundas es mucho más bajo (Sartoretto 1996).

En este trabajo, sedimentación y resuspensión, junto con otros factores ambientales de soporte fueron estudiados. El estudio se llevó a cabo en uno de los varios enclaves de coralígeno que se encuentran en las costas de Gandia, en el sector sur del Golfo de Valencia (Nieto, 2000). El lugar que había sido elegido fue el conocido como La Vinyeta y se encuentra a menos de 2 millas náuticas del el puerto de Gandia, con 17,5 m de profundidad máxima. Sólo había dos estudios publicados sobre esta materia que realizaron por Nieto (2000) y Peláez (2014). Según Peláez (2014), esta zona se ha convertido en un interés del pescador artesanal ya que las especies de alto valor comercial se pueden encontrar en esta área que ellos llamaban 'piedra'. El interés científico de este enclave pasa por ser uno de los hábitats de coralígeno de plataforma más someros del Mediterráneo y por tanto estará fuertemente condicionado por la sedimentación, dependiendo su evolución del binomio sedimentación-crecimiento.

Objetivos

El objetivo general de este estudio es entender cómo la existencia de coralígeno en La Vinyeta afecta las tasas de resuspensión que puede crear entorno más favorable para su propia sostenibilidad. Por lo tanto, para lograr este objetivo, algunos objetivos específicos se determinan:

- Calcular las tasas de sedimentación y resuspensión, así como las tasas de deposición de clorofila a en la zona de estudio usando trampas de sedimentos que se instalaron en un cierto período de tiempo durante un año.
- Comparar el comportamiento de sedimentación y resuspensión en zona encima del coralígeno con la zona encima de arena fuera de los límites de este enclave de coralígeno.
- Relacionar las características del oleaje y viento con los procesos ocurridas en el enclave estudiado.

2. MATERIAL Y METODOS

2.1 Zona de Estudio

El área de estudio se encuentra en el sector sur del Golfo de Valencia, entre el Cabo de Cullera y el Cabo de San Antonio. Este sector, hasta 40 metros de profundidad, está dominada por la arena fangosa infralitoral siguiendo el gradiente batimétrico o hidrodinámica. Lo interesante es que en algunas zonas se puede encontrar roca biogénica que emerge desde el fondo sedimentario. La zona de estudio cuenta con tres enclaves, como se muestra en la figura 2.1, denominados por el pescadores de la flota artesanal como La Vinyeta, La Pedra de Tavernes y Els Marranxons.

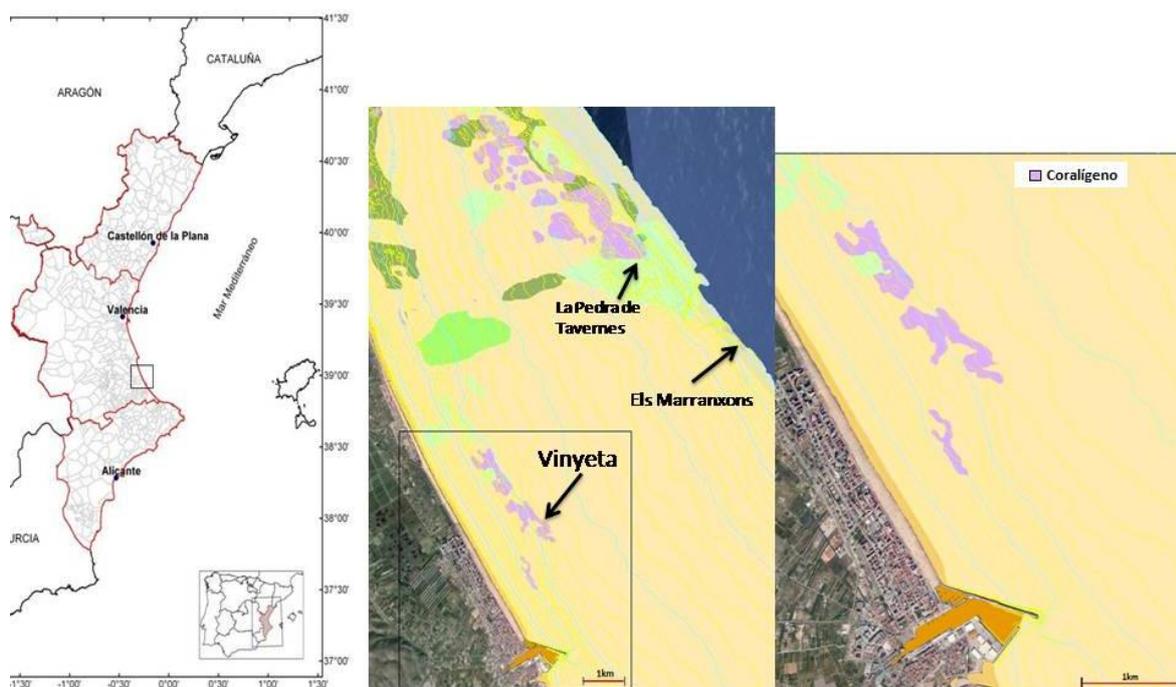


Figura 2.1 Localización de la zona de estudio. A partir del trabajo de Peláez (2014)

La Vinyeta está situado a unas 2 millas náuticas del puerto de Gandía con 15-17,5 metros de profundidad mientras que La Pedra de Tavernes y els Marranxons se sitúan más lejos de puerto de Gandía. La Pedra de Tavernes se encuentra entre 6 y 7 millas náuticas del puerto de Gandía y a 26-29 metros de profundidad y Els Marranxons están ubicados a 5,3 millas náuticas del puerto de Gandía y entre 36 y 40 metros de profundidad.

Debido a su profundidad, La Vinyeta ha sido considerada como la zona más viable para llevar a cabo esta investigación. De hecho, esas tres zonas son sólo accesibles con el sistema de buceo autónomo. Sin embargo, trabajar en La Vinyeta permite que los buzos se queden en la parte inferior con el equipo de aire comprimido hasta 55 minutos sin necesidad de largos períodos de descompresión, mientras que otros lugares habrían requerido el uso

de Nitrox y / o parada de descompresión. El riesgo de narcosis de nitrógeno sería alto en esas dos zonas, especialmente en Els Marranxons.

Según Peláez (2014), el borde inferior del enclave elegido tiene altura bastante homogénea con un promedio de 2,3 m, un máximo de 3 m y un mínimo de 1,5 m. Desde el tamaño del coralígeno, con asunción de que la velocidad de crecimiento es 0,83 mm/año (Ballesteros, 2003), Peláez (2014) concluyo que el coralígeno podría haber sido existido desde hace más 3000 años. Este cálculo se hizo sin tener en cuenta el proceso de bioerosión, por lo tanto hay posibilidad de que esta roca biogénica ya comenzó su desarrollo hace más de 5000 años. En relación a la rugosidad, el enclave tiene índice de rugosidad de 1,15 que según Rogers *et al.* (1983) este número demuestra un nivel alta porque es mayor que 1 (Peláez, 2014).

La base del coralígeno son algas coralinas incrustantes, cuyas especies más abundantes son *Mesophyllum alternans*, *Lithophyllum stictaeforme*, y *L. cabiochae*. Esta comunidad es muy rica de esponjas. También es el hábitat de cnidarios, con el especie muy conspicuos y abundante de *Eunicella verrucosa* con una densidad de 5887,8 colonias por hectárea. Se identificó muchas especies de moluscos y artrópodos. Asimismo, se encontró especies del filo anélidos dominado por los individuos del clase poliquetos. Otro especie muy abundante es *Myriapora truncata* del filo briozoo que es una especie característica del coralígeno. Algunas especies del filo equinodermo también ocupan este enclave. Con menos abundancia, también se encontró algunas especies de ascidias. Del mismo modo, esta roca biogénica es un hábitat de muchas variedades de los peces (Peláez, 2014).

2.2 Franja de Estudio Permanente

Implementar una referencia permanente es necesario para facilitar las medidas repetidas en el mismo lugar. La opción que se ha elegido para este estudio es establecer dos fondeos y una franja permanente de unos 210 metros de longitud total (Peláez, 2014).

La coordenada de las balizas se muestra en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Ubicación de las balizas

	Latitud	Longitud
Baliza 1	39° 1' 24,91"N	0° 9' 3,34"W
Baliza 2	39° 1' 26,2"N	0° 9' 11,5"W

Estos dos balizas se utilizan para crear una franja permanente que es lineal y tiene dirección perpendicular a la línea costera para maximizar la variabilidad ambiental (Peláez, 2014). La franja fue hecha por seis estacas de metal y cuerda que conectan cada juego. El

primer juego se encuentra en la superficie de arena en la frontera oriental de coralígeno y continúa a través del coralígeno hasta unos 210 metros de la primera estaca.

La primera baliza se realizó mediante el uso de tres muertos de cemento y se colocó unos 5 metros de la frontera exterior de coralígeno con el fin de evitar daños del enclave. Estos muertos fueron unidos usando 5 metros de cadena. En el final de esta cadena, una cuerda, que conectado a una boya. La boya se quedó unos 5-6 metros bajo el agua para que no perturbase otras actividades realizadas en la superficie del agua, como la pesca y la navegación. La otra baliza fue colocada en una cubeta de gravas biógenas, erosionadas del propio coralígeno sin afectar al propio coralígeno.

Las seis estacas fueron instaladas por dos buzos. El primero sostenía un extremo de la cinta métrica mientras el segundo buceador se desplazaba en dirección oeste hasta medir la distancia prefijada e instalaba la nueva estaca. La primera estaca se situó en el sedimento fuera del coralígeno, a una distancia de 10 metros sobre el borde del coralígeno se situó la segunda y a 50 metros de distancia entre cada una se situaron la tercera, cuarta y quinta. Estas cinco estacas se localizan en la superficie del coralígeno, cubriendo el borde y el interior del mismo. Todas las estacas se vincularon utilizando una cuerda, formando una franja lineal. Con el fin de hacer las estacas más reconocible, una pequeña boya ha sido atada con una cuerda a cada juego. Además, para evitar la desaparición de estacas debido a la oxidación, cada estaca equipado con un ánodo de sacrificio. Con esto, muy probablemente las estacas serían permanentes y lo único que hay que cambiar son los ánodos de sacrificio.

2.3 Muestreo con Trampas de Sedimentos

2.3.1 Método de Muestreo

En este estudio, las trampas de sedimentos fueron instaladas en cinco puntos que son ilustrados en la figura 2.2. Cada punto consistió en cinco trampas de sedimentos en diferentes alturas, que son 20 cm, 40 cm, 60 cm, 80 cm y 200 cm desde el fondo. Para evitar el efecto de pantalla que en este caso las trampas de sedimentos inferiores podrían verse afectados por la superior, cada trampa fue instalada manteniendo una distancia de 50 cm entre ellas (Sospedra, 2014). El Punto 0 se encuentra cerca de la primera estaca, que estaba ubicado en la zona de arena en la frontera exterior de la coralígeno, mientras que el punto 1, 2, 3 y 4 se encuentra cerca de otros estacas, 50 metros separados de cada estaca como se ilustra en la figura 2.3.

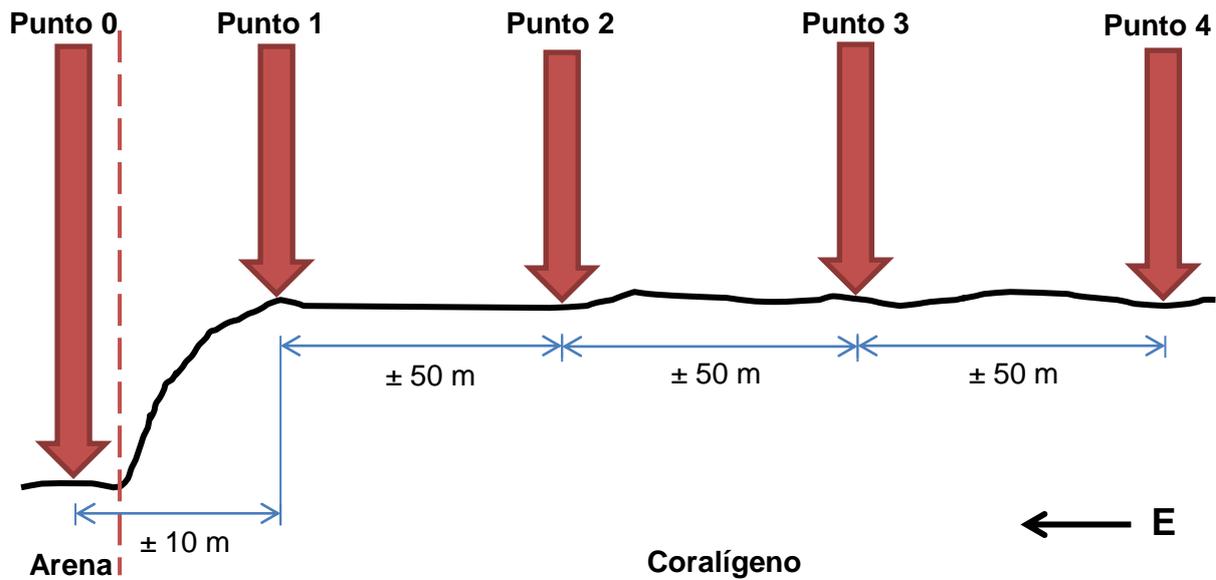


Figura 2.2 Los puntos de instalación de las trampas de sedimentos (sin escala)

Cada trampa de sedimentos consistió en ocho tubos de plástico con un volumen de 12 ml, 15 mm de diámetro (\varnothing) y 100 mm de altura (h) que cumplen la relación $h: \varnothing$ más de 5 para evitar la resuspensión dentro de los tubos (Hardgrave y Burns, 1979; Blomqvist y Håkanson, 1981). Los ejemplos de las trampas de sedimento se muestran en la figura 2.4. El período de recolección de las trampas en cada muestreo se presenta en la tabla 2.2.

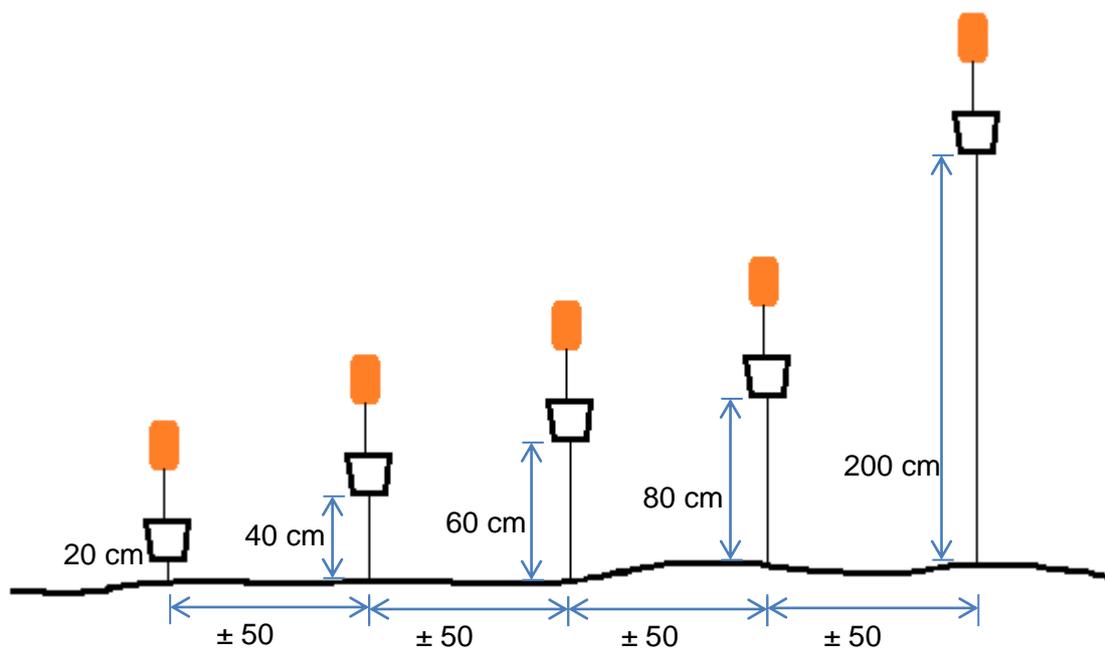


Figura 2.3 Las trampas de diferente profundidad en cada punto (sin escala)

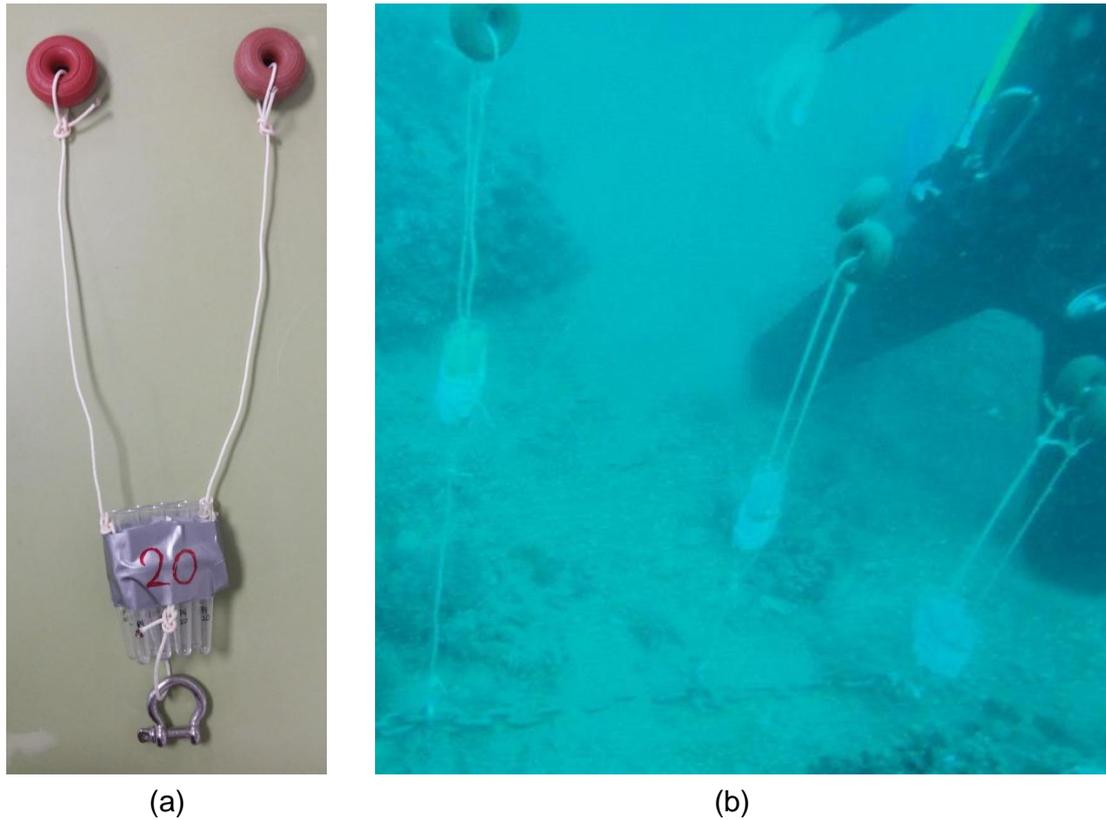


Figura 2.4 (a) Una trampa de sedimento; (b) Instalación de las trampas de sedimentos

Tabla 2.2 Periodo de instalación de las trampas de sedimentos

	Periodo de instalación	Tiempo
Primer muestreo	1-7 Agosto 2014	6 días
Segundo muestreo	7-13 Octubre 2014	6 días
Tercer muestreo	18-24 Noviembre 2014	6 días
Cuarto muestreo	7 April-14 Junio 2015	58 días

Para retirar las trampas, todos los tubos se taparon y luego llevados al laboratorio para ser procesados en el mismo día.

2.3.2 Método de Análisis de Laboratorio

El objetivo de este análisis es conseguir la concentración de sólidos total que se utiliza para calcular la tasa de sedimentación total, y también de clorofila a sedimentada

- **Sólidos Totales**

La muestra de tres tubos (volumen de 36 ml) de cada trampas se filtró a través de membrana de acetato de celulosa de 0,45 μm y los filtros se colocaron en estufa a 60 °C durante 24 horas (Pejrup *et al.*, 1996; Gacia *et al.*, 1999). Estos filtros se ponderan y

conociendo el peso de los filtros antes de que se utilizaran se puede determinar la concentración de sólidos totales.

Por otro lado, la muestra del punto 0 del cuarto muestreo no experimentaron el mismo tratamiento debido a la alta cantidad del sedimento. Para determinar los sólidos totales, tres muestra de cada tubo se colocaron en vasos de vidrio y se introdujeron en la estufa a 105°C hasta que se secaron durante 48 horas. Las diferencias entre el peso total y el del recipiente permitieron calcular la cantidad de sólidos totales.

- Clorofila A

Tres tubos de las mismas trampas se utilizaron para determinar el depósito de clorofila utilizando el análisis de espectrofotometría (APHA *et al.*, 2012) y aplicando la ecuación de Jeffrey y Humphrey (1975). Las muestras se filtran a través de los mismos filtros utilizados para el total de sólidos. Cada filtro se coloca entonces dentro de un tubo y se congelaron al menos durante 24 horas. Posteriormente se añadió acetona tamponada para extraer la clorofila a. Después de las 24 horas siguientes, la parte líquida se separó mediante el uso de centrifuga con velocidad de 2000 rpm y se midió la absorbancia usando cuatro longitudes de onda diferente (630, 647, 664 y 750 nm).

2.4.1 Estimación de la tasa de sedimentación

Para determinar las tasas de sedimentación, primero se calcula el flujo de deposición total expresándolo en $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ a partir de los datos de los sólidos totales obtenidos en cada una de las distintas alturas. Las series de datos de cada punto se presentan en gráficos y les aplica un ajuste exponencial el cual expresa la función de deposición total simulada, denominada como F_t (figura 2.5).

La descripción de los procesos de sedimentación sigue la terminología de Pejrup *et al.* (1996) para discriminar entre flujo de deposición primaria (F_p) y de resuspensión (F_r). La materia de sedimentación primaria se define como partículas de sedimento, incluyendo partículas autóctonas y la materia terrígena, depositado por primera vez en la parte inferior del sitio de medición. Por otro lado, los sedimentos resuspendidos constan de los mismos componentes, pero que han sido previamente depositados en el lugar de medición.

El flujo primario de sedimentos y resuspendido se deriva del F_t , que es la suma de F_p y F_r , a través del análisis del flujo de partículas vertical, como una función de la altura sobre el fondo del mar (figura 2.5; Valeur, 1994). La deposición total (D_t ; unidades en $\text{g DW m}^{-2} \text{día}^{-1}$) se define como F_t en la superficie del sedimento.

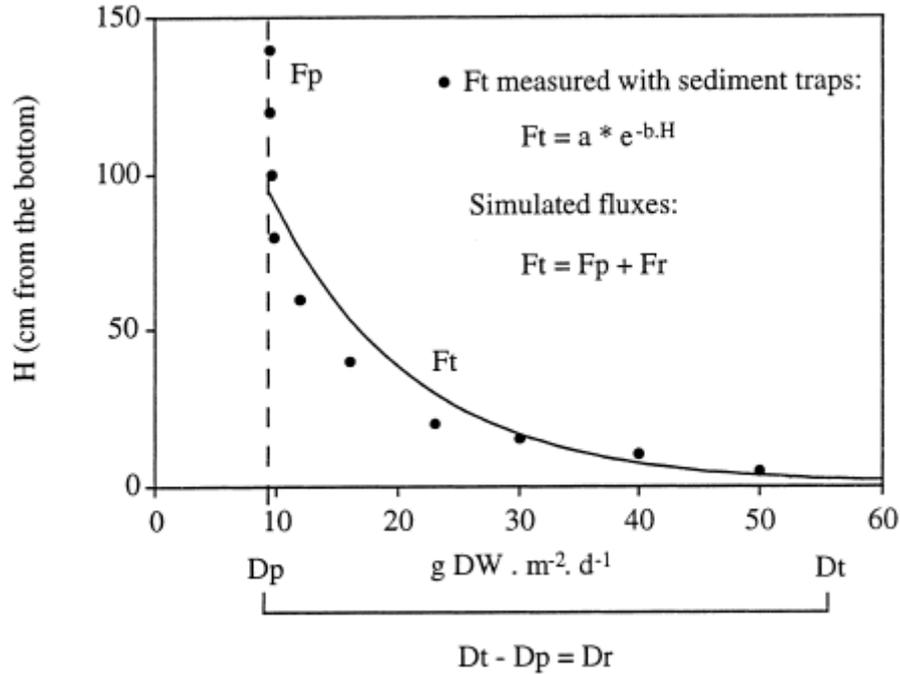


Figura 2.5 Esquema del perfil del método de extracción (según Valeur, 1994). Ft = flujo total de deposición, Fp = flujo de deposición primaria, Fr = flujo de resuspensión de sedimentos, Dp = tasa de deposición primaria, Dr = tasa de deposición resuspendida, Dt = tasa de deposición total.

Dado que la resuspensión provoca un suministro difusivo de partículas, el aumento de la carga de partículas exponencialmente hacia el fondo del mar (Ichiye, 1966), los cambios en Ft con altura por encima de la parte inferior (en cm) debe encajar, en presencia de resuspensión significativa, a una función exponencial negativa de la forma:

$$F_t = a \cdot e^{b \cdot H}$$

Fp correspondería entonces a los valores asintóticos de Ft a distancias de más del sedimento (en este estudio las mediciones a 200 cm) y la intersección de este perfil de flujo primario con el fondo del mar (es decir, Ft en H = 0) proporciona una estimación de la tasa de deposición primaria (Dp; unidades g DW m⁻² día⁻¹). La diferencia entre Dt y Dp, representa el flujo descendente de sedimentos resuspendidos Dr (Dr = Dt-DP) (Gacia *et al.* 1999).

2.4 Análisis Estadísticos

En este trabajo se aplicaron algunos análisis estadísticos utilizando el programa STATGRAPHICS Centurion. El primer análisis era *one-way* ANOVA (analysis of variance) para saber si las Dt y Dr en cada punto tenían una diferencia estadísticamente significativa. Además se utilizó una ANOVA de dos vías para mostrar si factores como los puntos de la instalación de las trampas y el tiempo de funcionamiento de las trampas afectaban a la deposición total y la tasa de resuspensión.

Utilizando análisis multivariado en STATGRAPHICS Centurion, se obtuvo las correlaciones momento producto de Pearson para identificar si las tasas de sedimentación y resuspensión tenían correlación con los factores hidrodinámicos y meteorológicos, que son el viento y oleaje. Esos datos se consiguieron a partir del conjunto de datos SIMAR que está formado por series temporales de parámetros de viento y oleaje procedentes de modelado numérico realizado por Puertos del Estado. Son, por tanto, datos simulados y no proceden de medidas directas de la naturaleza. El punto SIMAR con código 2083108 donde se ha sacado las informaciones se encuentra en la costa de Gandia con latitud de 39°N y longitud de 0,08°W. El modelado numérico proporcionar datos en cada hora excepto los datos desde el 2 Mayo 2015 a las 11 hasta 25 de Mayo a las 23. En este periodo Puertos del Estado no podía proporcionar los datos debido un fallo del sistema.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Datos Meteorológicos e Hidrodinámicos

3.1.1 Viento

A partir de las series de datos modelados SIMAR, registrados durante el tiempo de funcionamiento de las trampas de sedimentación, se observó que los vientos predominantes en cada muestreo mostraron diferentes resultados. En el primer muestreo (figura 3.1a), los vientos procedente del NW y E representaron 26% y 20,5% del tiempo. Por otro lado, en el segundo muestreo (figura 3.1b), los vientos procedente del W y SE mostraron más frecuencia, que eran 34,2% y 21,2%. Como en el primer muestreo, en el tercer muestreo (figura 3.1c), los vientos procedente del NW fueron los dominantes con frecuencias del 35,6% pero los vientos procedente del N también constituyeron 30,1% del tiempo. En el cuarto muestreo, por otro lado, no se detectó dirección del viento tan dominante. Los vientos procedente del E y W son más frecuente que presentaron 19% y 18% respectivamente (figura 3.1d).

La velocidad media de los vientos en cada muestreo varió desde 3 m/s hasta 4,2 m/s (tabla 3.1). En el cuarto muestreo, se detectaron las intensidades más elevadas de los vientos que estaban más de 8 m/s (figura 3.1d) con la velocidad máxima del 10,3 m/s procedente del W (tabla 3.1). La intensidad de los vientos varió en una escala diaria, sobre todo durante el primer muestreo en verano: los vientos fueron más intensos por la tarde. Sin embargo, otros muestreos, sobre todo en el tercer muestreo de otoño, los cambios fueron más aleatorios aunque en algunos días se mostraron el patrón similar.

Tabla 3.1 Velocidad media y máxima en cada muestreo

Tiempo del muestreo	Velocidad Media del Viento (m/s)	Velocidad Máximo del Viento (m/s)	Dirección
1-7 Agosto 2014	4,2	8,8	SE
7-13 Octubre 2014	3,6	8	SE
18-24 Noviembre 2014	3,0	5,8	NW
17 Abril - 14 Junio 2015	3,3	10,3	W

3.1.2 Oleaje

Las series de datos modelados SIMAR mostraron un oleaje dominante procedente de diferente dirección en cada muestreo (figura 3.2). En el primer muestro, el oleaje dominante procedente del E representó 49,3% del tiempo (figura 3.2a). No se detectó ningún oleaje procedente del S, SW, W, y NW. Por otro lado, en el segundo muestreo, se detectó un oleaje con más frecuencia procedente SE que llegó 55,5% (figura 3.2b). El oleaje

procedente del S no se había detectado y de otras direcciones representó inferior al 10%, excepto del E que representó 19,9%. En el caso del tercer muestreo, se observó un oleaje con frecuencia del 69,2% procedente del NE. Se detectó un oleaje con frecuencia menos del 10% procedente de otras direcciones. Como en el primer muestro, en el cuarto, también se observó un oleaje dominante procedente del W con frecuencia del 49,2%.

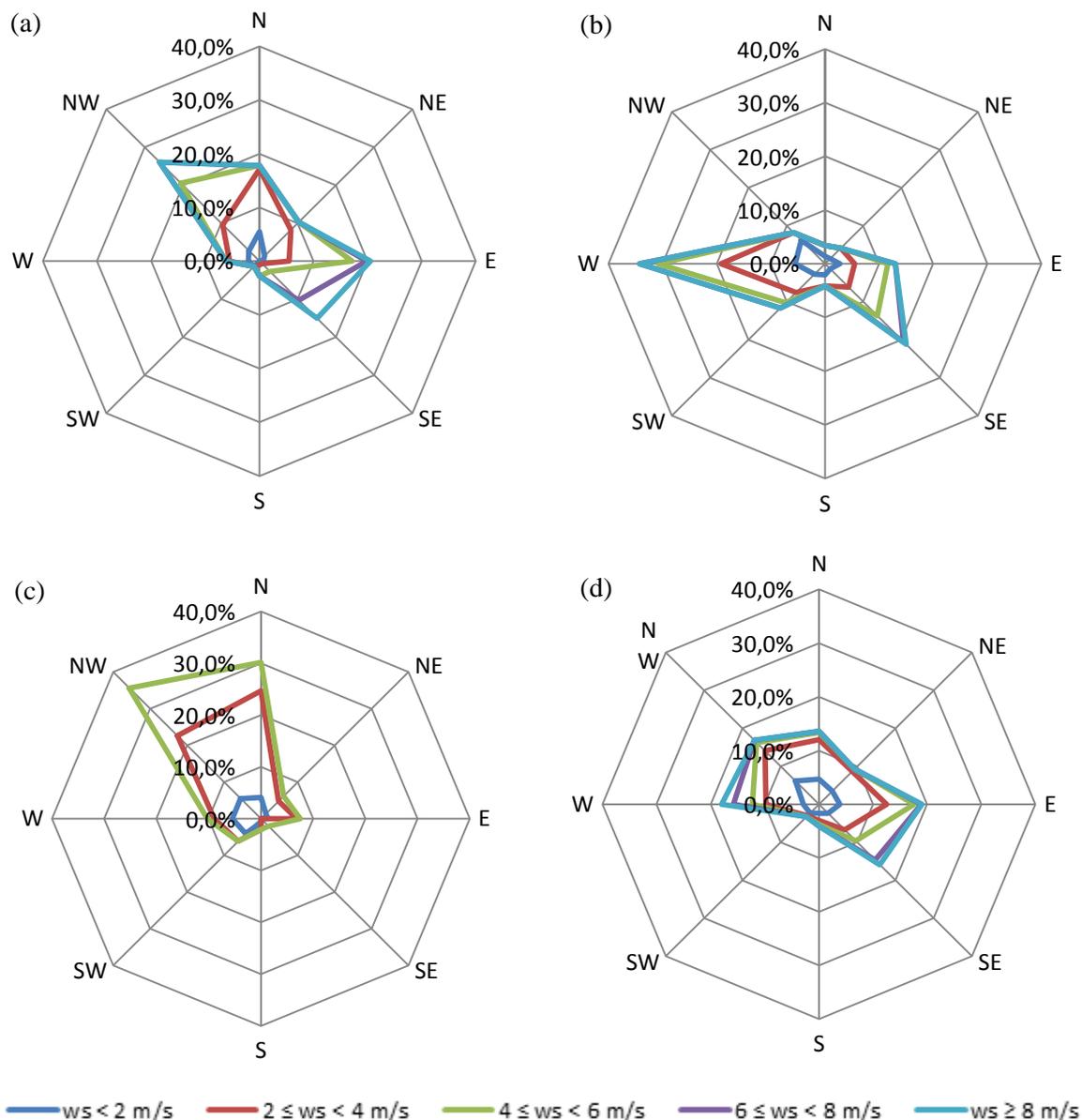


Figura 3.1 Frecuencia e intensidad de la procedencia del viento durante cada muestreo: (a) 1-7 Agosto 2014 (146 incidencias), (b) 7-13 Octubre 2014 (146 incidencias), (c) 18-24 Noviembre 2014 (146 incidencias), (d) 17 Abril – 14 Junio 2015 (830 incidencias)

Tabla 3.2 muestra los valores más importantes de los datos del oleaje como los datos promedios y máximos de la altura significativa espectral (H_{m0}), periodo medio espectral (T_{m02}), y periodo de pico espectral (T_p). Según esos datos, no se observó diferencias

significantes entre los datos de cada muestreo. No obstante, la intensidad del oleaje fluctuó en una escala diaria como en el caso de los vientos.

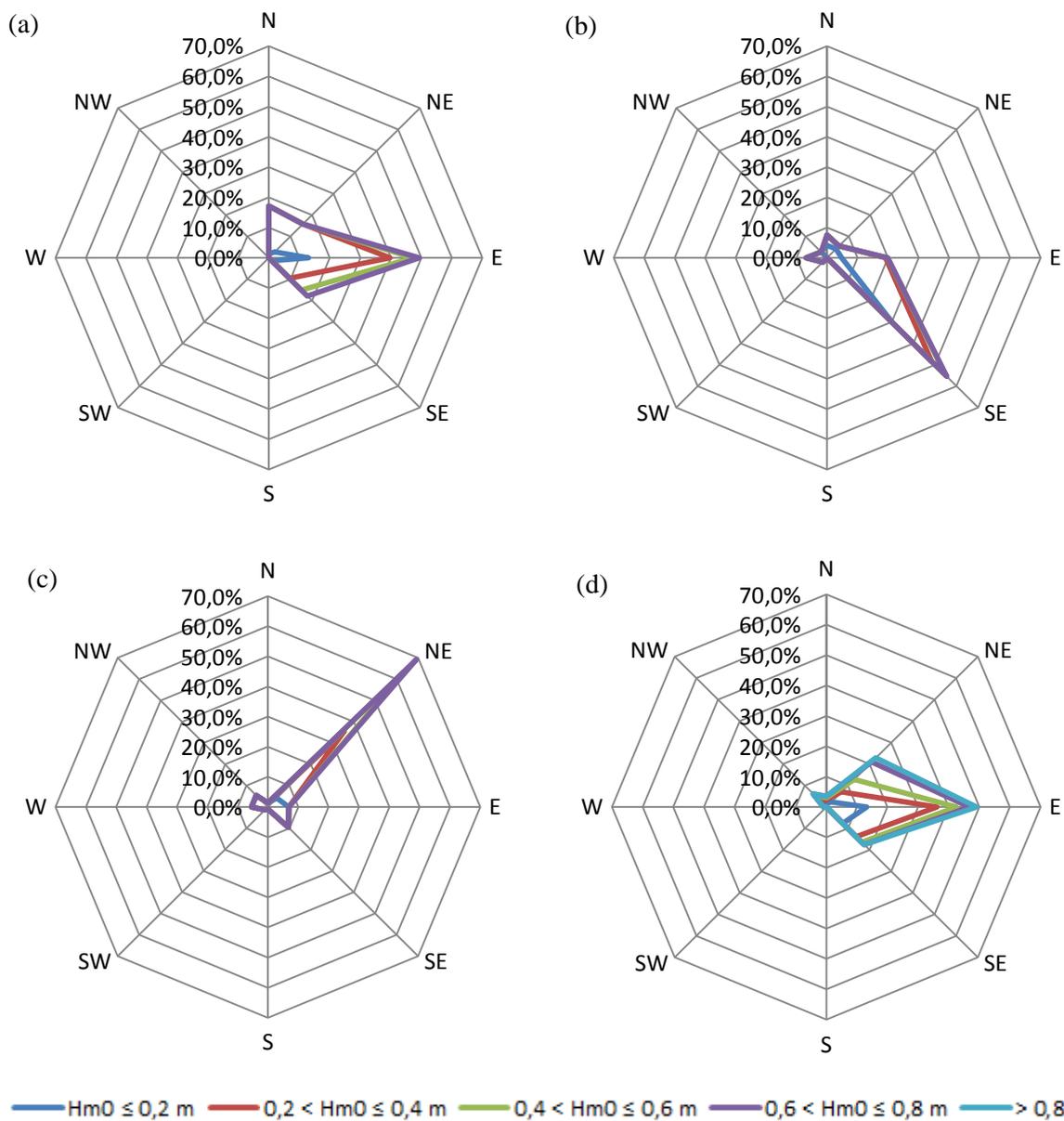


Figura 3.2 Frecuencia e intensidad de la procedencia del oleaje (altura significativa espectral) durante cada muestreo: (a) 1-7 Agosto 2014 (146 incidencias), (b) 7-13 Octubre 2014 (146 incidencias), (c) 18-24 Noviembre 2014 (146 incidencias), (d) 17 Abril – 2 Mayo y 26 Mayo – 14 Junio 2015 (830 incidencias)

Las fluctuaciones del oleaje cada hora se puede observar en figura 3.3. Durante el muestreo en Agosto y Septiembre, la altura significativa espectral fluctuó en un patrón. Durante la tarde, la altura significativa espectral del oleaje aumentó, y disminuyó otra vez durante las noches. Por otro lado, en el tercer muestreo la oscilación de la altura significativa espectral

no se reconoció un patrón específico. En este periodo, los valores tienden que aumentar gradualmente.

En relación con el periodo, figura 3.3a y figura 3.3b revelaron que los valores del periodo medio espectral y periodo de pico espectral disminuyeron drásticamente durante los días coincidieron con la aumenta del altura significativa espectral aumentaron. Después se aumenta gradualmente. El fenómeno similar también ocurrió en los primeros días del tercer muestreo aunque después los valores aumentaron ligeramente.

Los datos modelados SIMAR también proporcionan los datos de mar de viento y mar de fondo. En tabla 3.2 se puede ver los valores máximos y promedios de altura significativa espectral y periodo medio espectral para cada tipo de oleaje y en cada muestreo. Aquí se demuestra dos datos de mar de fondo que vinieron procedentes de diferentes direcciones.

Tabla 3.2 Datos del oleaje

	1-7 Agosto 2014			7-13 Octubre 2014			18-24 Noviembre 2014			17 Abril - 14 Junio 2015		
	Valor	Unidad	Dirección	Valor	Unidad	Dirección	Valor	Unidad	Dirección	Valor	Unidad	Dirección
Hm0_{max}	0,8	m	E, SE	0,7	m	SE	0,8	m	NE	1,2	m	NE
Hm0_m	0,4	m		0,3	m		0,4	m		0,4	m	
Tm02_{max}	3,9	s	NE	3,9	s	E	4,1	s	NE	5,2	s	NE
Tm02_m	2,6	s		2,4	s		2,6	s		3,0	s	
Tp_{max}	5,4	s	E	6,9	s	N, NE, E	5,2	s	NE	10,7	s	NE
Tp_m	3,7	s		4,3	s		3,5	s		5,2	s	
Hm0_V_{max}	0,8	m	E, SE	0,6	m	SE	0,4	m	N	0,8	m	E, SE, NW
Hm0_V_m	0,3	m		0,3	m		0,3	m		0,4	m	
Hm0_F1_{max}	0,5	m	SE	0,4	m	SE	0,7	m	N, NE	1	m	NE
Hm0_F1_m	0,2	m		0,2	m		0,3	m		0,3	m	
Tm02_F1_{max}	5	s	E	6,4	s	NE	5	s	E	9,7	s	NE
Tm02_F1_m	3,3	s		3,8	s		3,3	s		4,3	s	
Hm0_F2_{max}	0,2	m		0,2	m		0,5	m	N	0,6	m	N, NE, SE
Hm0_F2_m	0,1	m		0,1	m		0,2	m		0,2	m	
Tm02_F2_{max}	5,5	s	NE	6,4	s	NE, E	5,9	s	NE	10,2	s	NE
Tm02_F2_m	3,8	s		5,0	s		4,3	s		4,5	s	

Hm0 = altura significativa espectral

Tm02 = periodo medio espectral

Tp = periodo de pico espectral

Hm0_V = altura significativa espectral de mar de viento

Hm0_F1 = altura significativa espectral de mar de fondo 1

Tm02_F1 = periodo medio espectral de mar de fondo 1

Hm0_F2 = altura significativa espectral de mar de fondo 2

Tm02_F2 = periodo medio espectral de mar de fondo 2

m = promedio

max = máximo

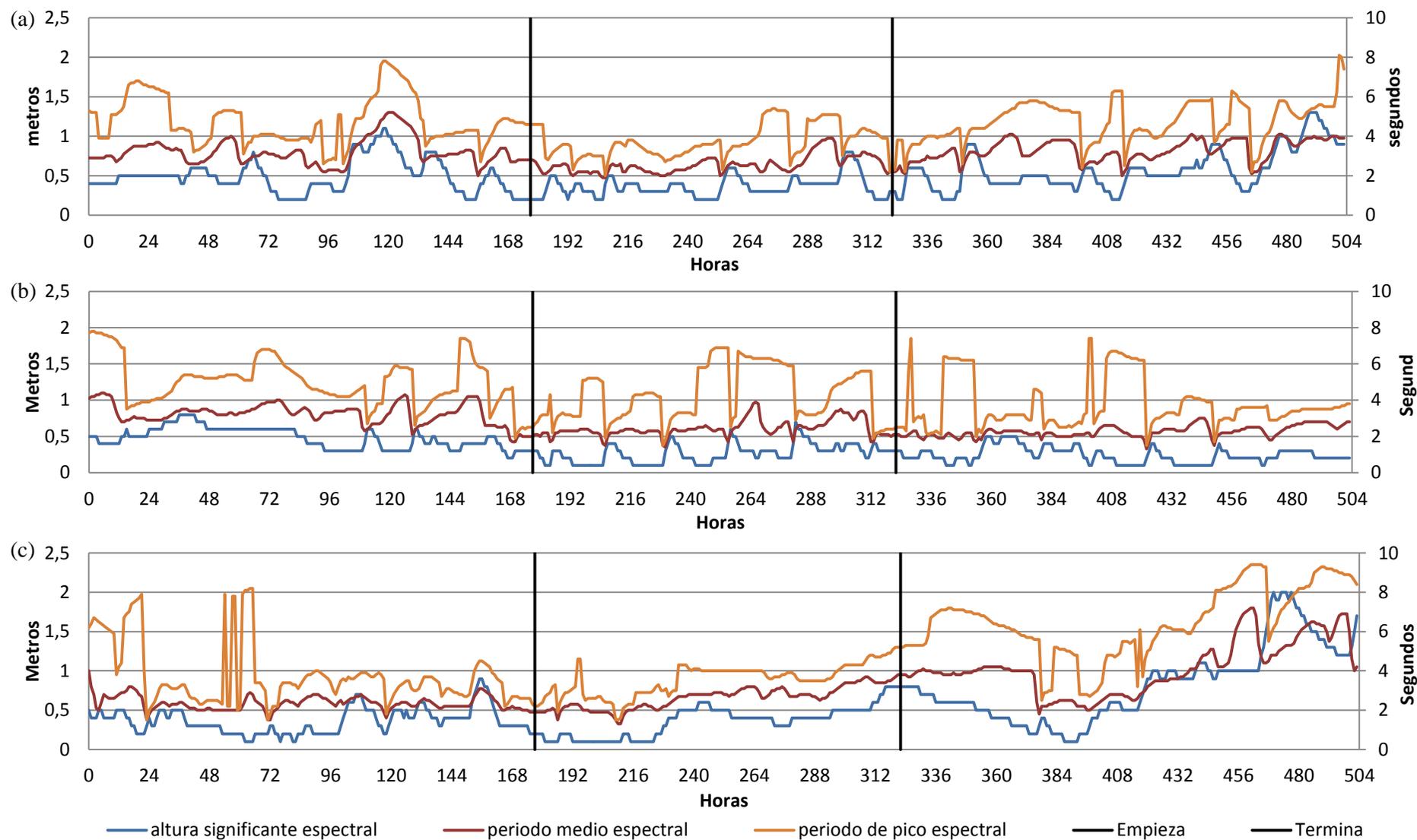
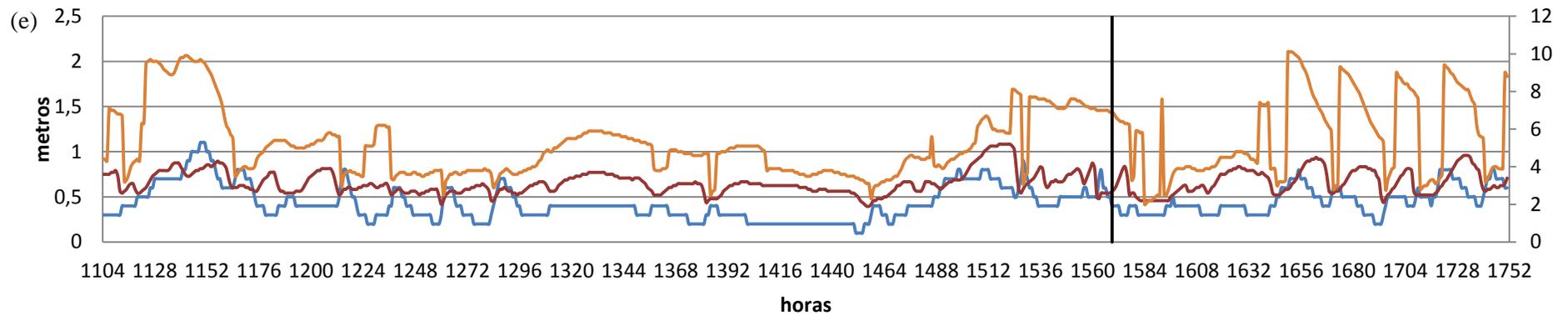
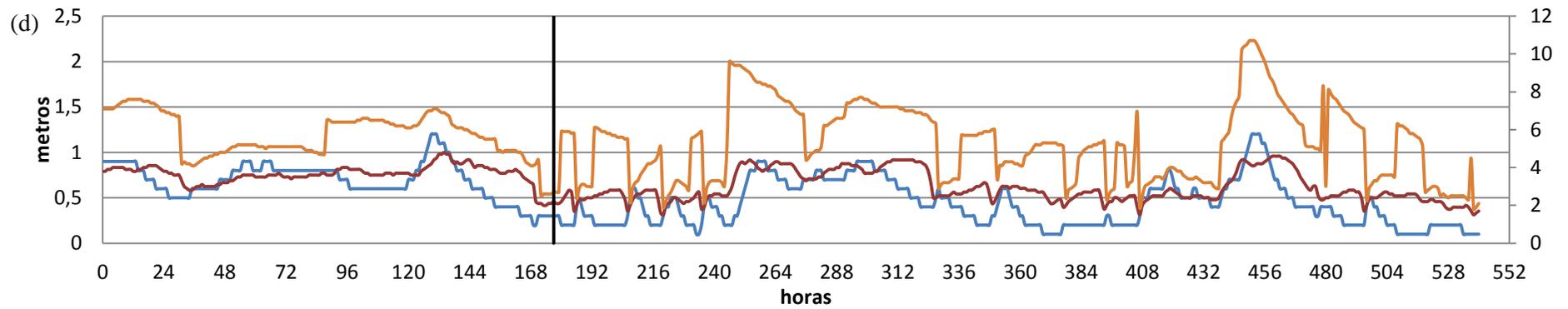


Figura 3.3 Altura significativa espectral, periodo medio espectral, y periodo de pico espectral durante:
 (a) 25 Julio – 14 Agosto 2014, (b) 30 Septiembre – 20 Octubre 2014, (c) 11 Noviembre – 1 Diciembre 2014



— altura significativa espectral — periodo medio espectral — periodo de pico espectral — Empieza — Termina

Figura 3.3 Altura significativa espectral, periodo medio espectral, y periodo de pico espectral durante:

(d) 10 Abril – 2 Mayo 2015, (e) 26 Mayo – 21 Junio 2015

Según la tabla 3.2, el máximo de los periodos medio espectral de mar de fondo 1 y 2 fueron mayores que el máximo periodo medio espectral del oleaje en general. Los promedios también revelaron lo mismo. Esto podría ser explicado por los direcciones del cada componente del oleaje.

Respecto a la dirección del mar de viento, el oleaje dominante vino procedente del E y SE para el primer, segundo y cuarto muestreo (figura 3.4a, figura 3.4b, y figura 3.4d) con mayor frecuencia de 29,9%, 58,1%, y 33,6% respectivamente. Las direcciones igual como se ha presentado en figura 3.2a, figura 3.2b, y figura 3.2d. Por otro lado, en el tercer muestreo (figura 3.4c), el mar de viento más frecuente era procedente del N con frecuencia de 72,5%.

En relación con mar de fondo 1, en el primer muestreo, lo más frecuente fue de 31,8% procedente del SE (figura 3.5a). Por otro lado, en el segundo y tercer muestreo, el mar de fondo más dominantes procedentes del dirección SE con frecuencia de 55,3% (figura 3.5b). Esta dirección representó la dirección del oleaje (figura 3.2b). En el tercer y cuarto muestreo se observó el mar de fondo más dominante procedente del dirección NE con frecuencia de 61,7% y 39,9% respectivamente figura 3.5c y 3.5d).

En caso de mar de fondo 2, el oleaje predominante en el primer, segundo, tercer, y cuarto muestreo vinieron procedentes del NE, NE, E, y E con frecuencia de 35,3%, 56,7%, 58,9%, y 38,2% (figura 3.6).

Respecto a la fluctuación de la altura significativa espectral, la figura 3.7 compara los valores de la altura significativa espectral de mar en general con altura significativa espectral de viento y mar de fondo. Aunque hay muchos datos nulos, en el primer y el segundo muestreo se puede ver que la altura significativa espectral de mar de viento tiene valor casi igual que el oleaje en general sobre todo en los picos de los gráficos (figura 3.7a y 3.7b). Las líneas de mar de fondo 1 también coinciden en algunas partes del gráfico. En el contrario, los periodos medio espectral de mar de fondo 1 y 2 son más aleatorios y la mayoría los valores exceden los periodo medio espectral en general (figura 3.8).

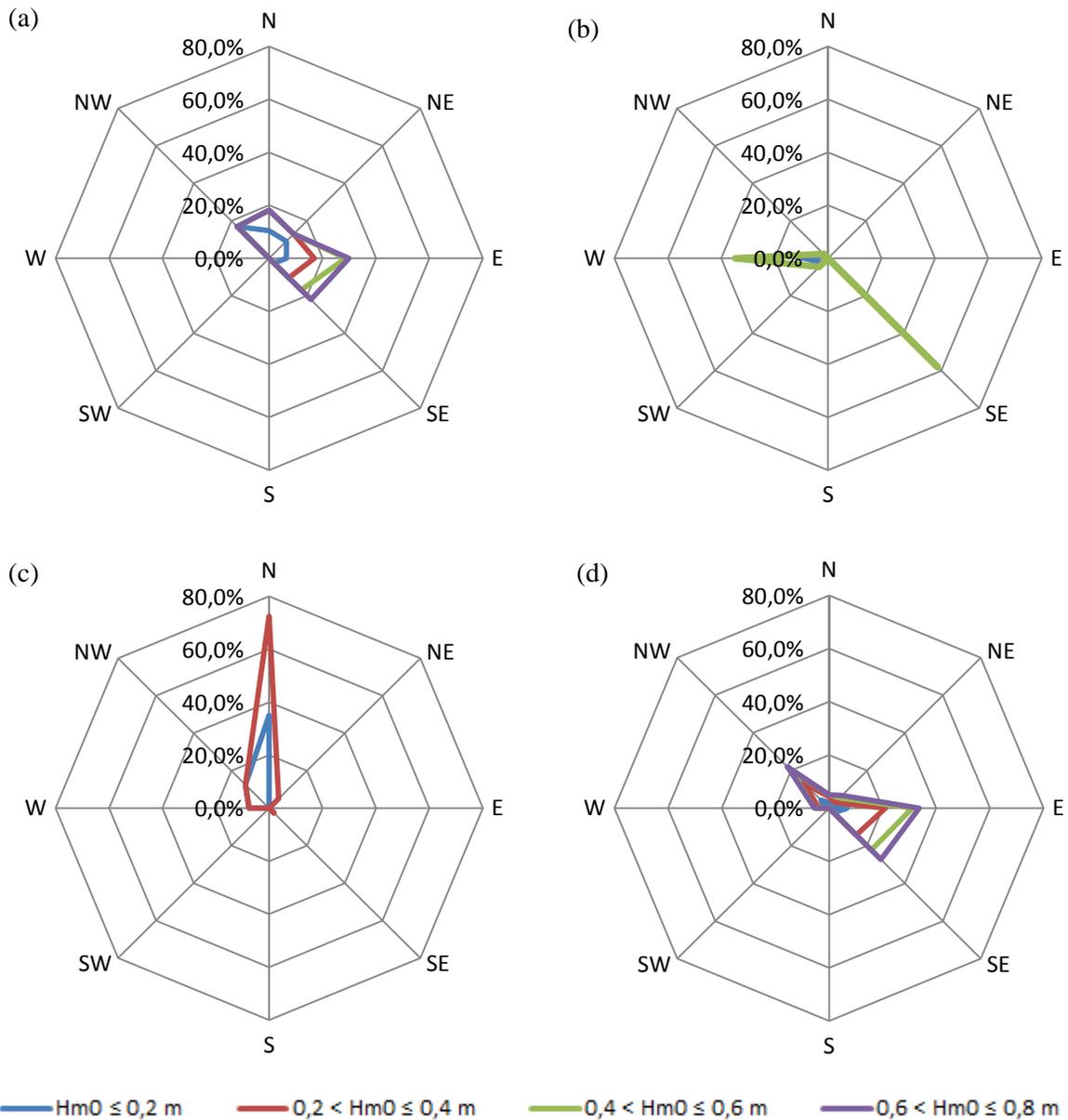


Figura 3.4 Frecuencia e intensidad de la procedencia del mar de viento (altura significativa espectral) durante cada muestreo: (a) 1-7 Agosto 2014 (77 incidencias), (b) 7-13 Octubre 2014 (43 incidencias), (c) 18-24 Noviembre 2014 (40 incidencias), (d) 17 Abril – 14 Junio 2015 (238 incidencias)

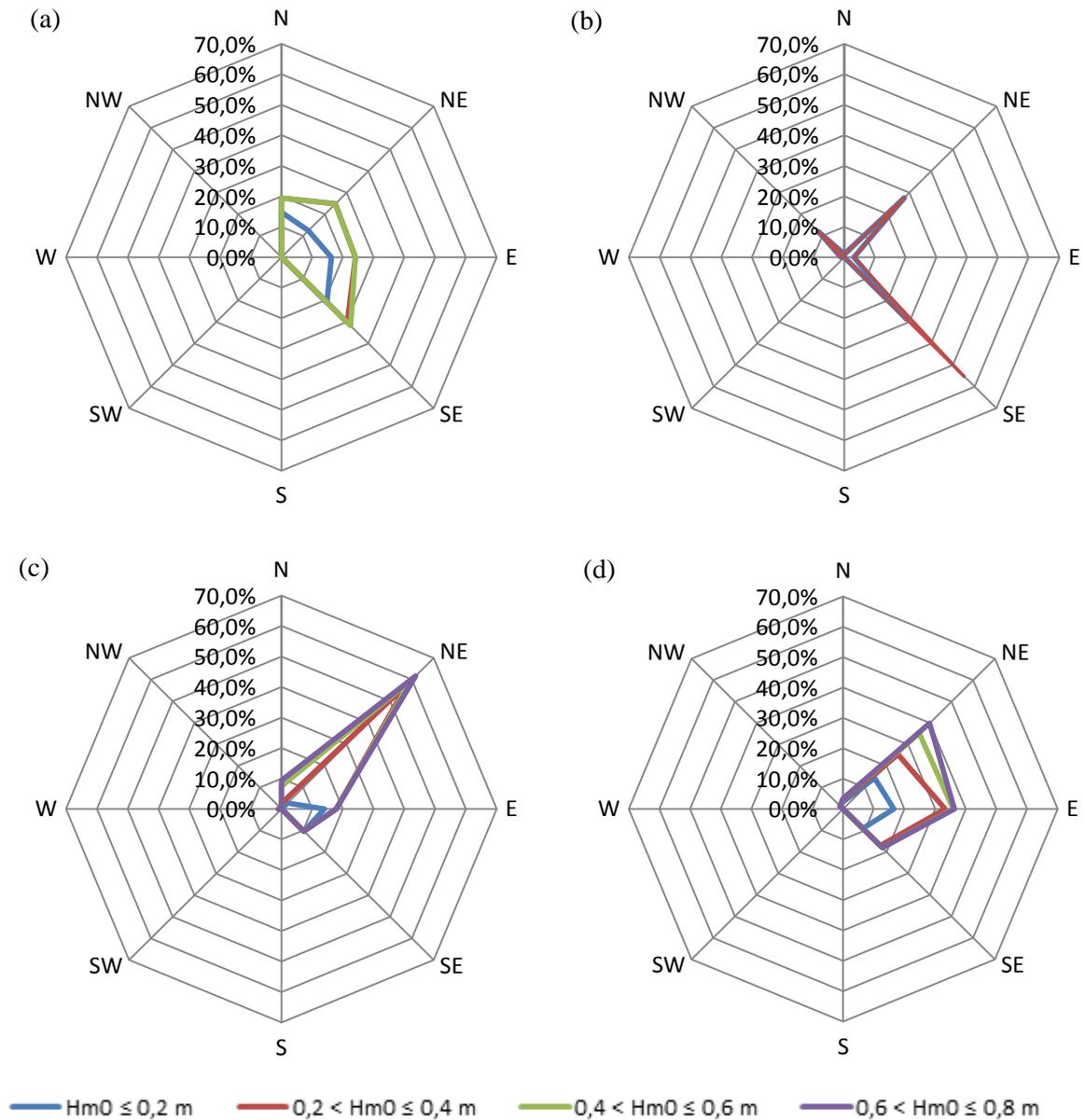


Figura 3.5 Frecuencia e intensidad de la procedencia del mar de fondo 1 (altura significativa espectral) durante cada muestreo: (a) 1-7 Agosto 2014 (129 incidencias), (b) 7-13 Octubre 2014 (95 incidencias), (c) 18-24 Noviembre 2014 (107 incidencias), (d) 17 Abril – 2 Mayo y 26 Mayo – 14 Junio 2015 (719 incidencias)

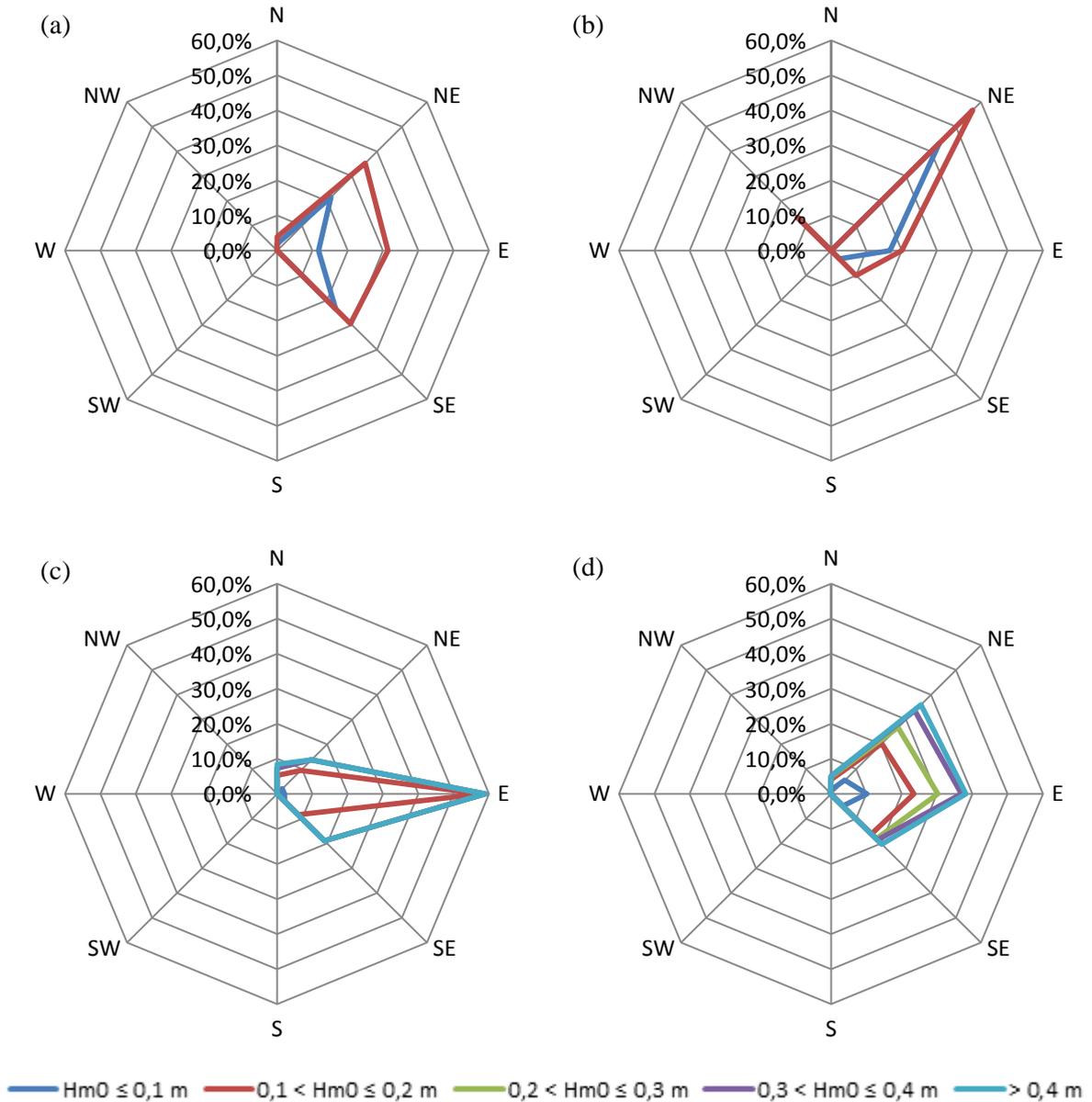


Figura 3.6 Frecuencia e intensidad de la procedencia del mar de fondo 2 (altura significativa espectral) durante cada muestreo: (a) 1-7 Agosto 2014 (51 incidencias), (b) 7-13 Octubre 2014 (30 incidencias), (c) 18-24 Noviembre 2014 (95 incidencias), (d) 17 Abril-2 Mayo y 26 Mayo-14 Junio 2015 (414 incidencias)

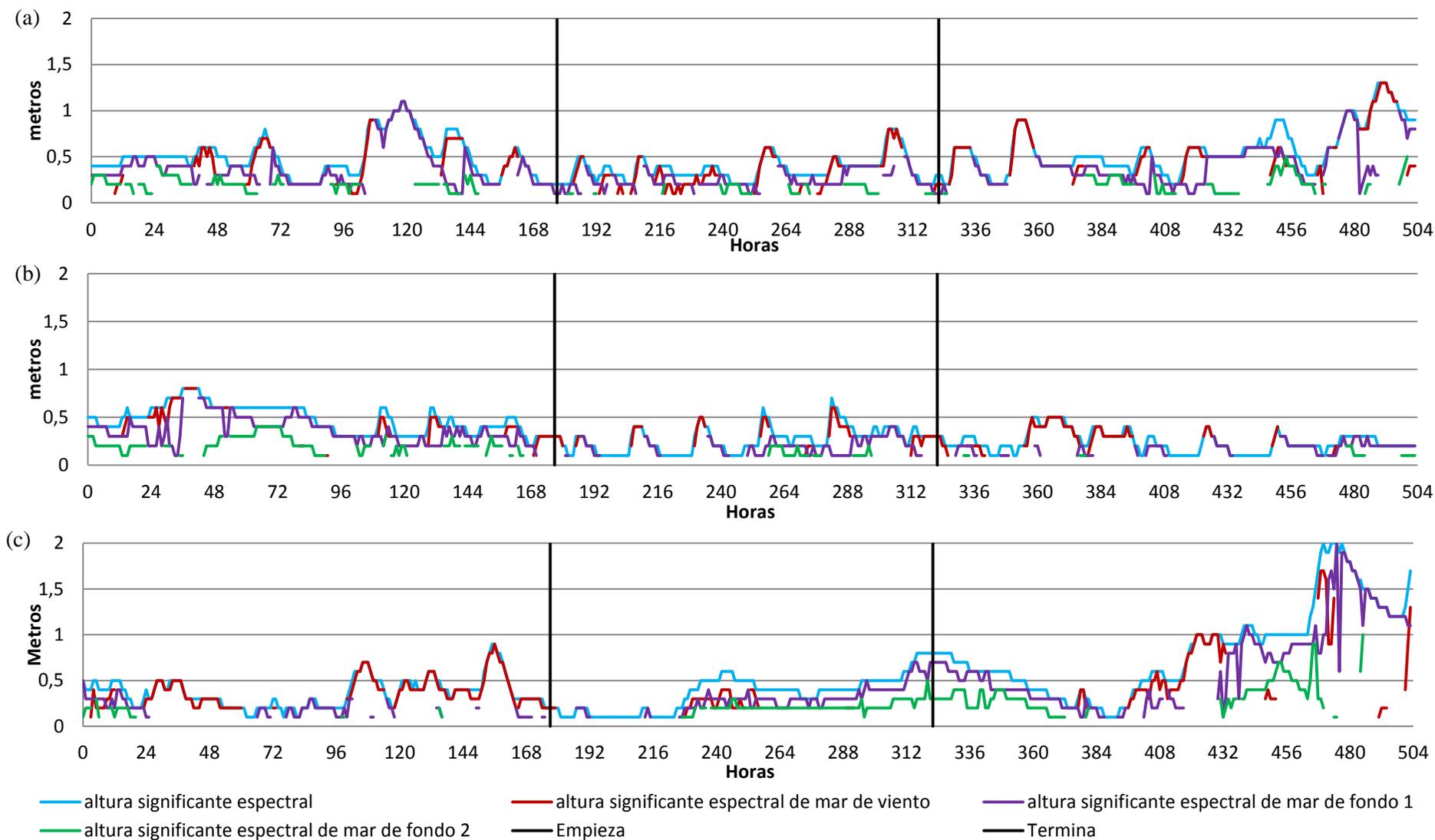
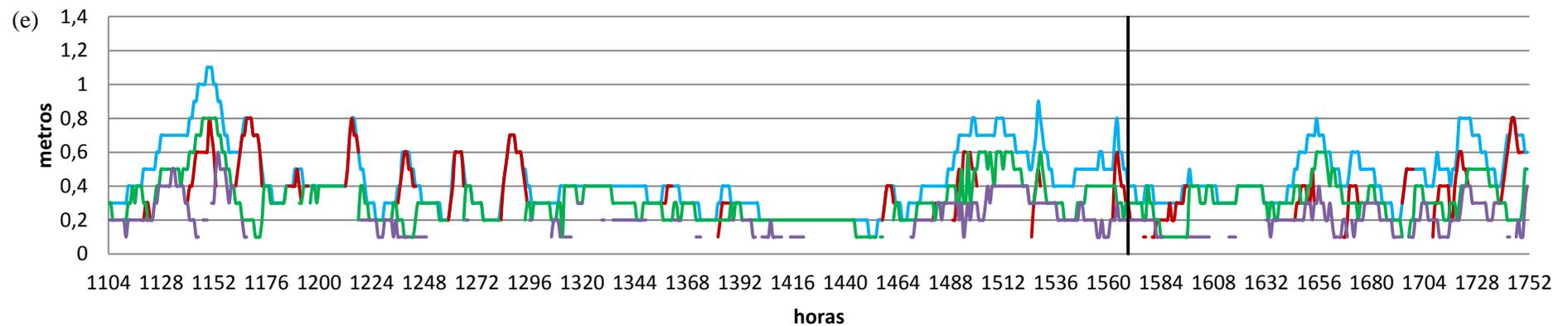
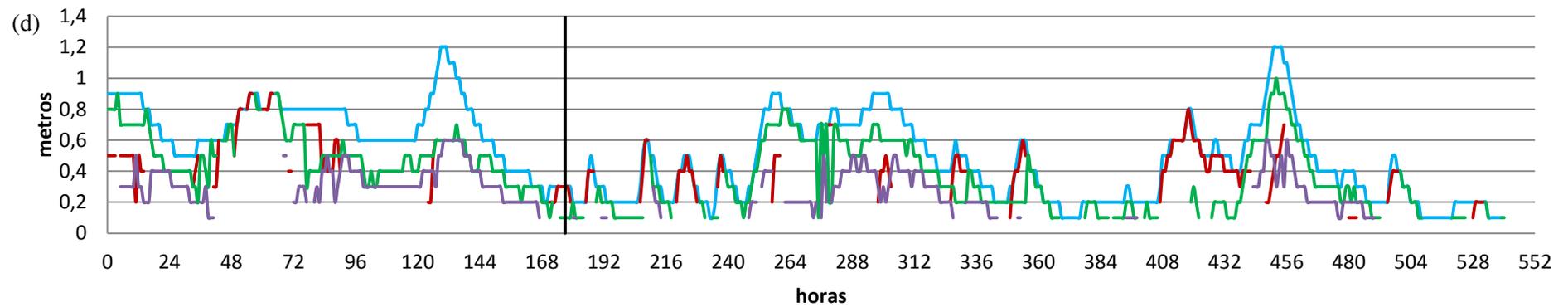


Figura 3.7 Altura significativa espectral, altura significativa espectral de viento, altura significativa espectral de mar de fondo 1 y 2 durante: (a) 25 Julio – 14 Agosto 2014, (b) 30 Septiembre – 20 Octubre 2014, (d) 11 Noviembre – 1 Diciembre 2014



— altura significativa espectral
 — altura significativa espectral de mar de viento
 — altura significativa espectral de mar de fondo 1
— altura significativa espectral de mar de fondo 2
 — Empieza
 — Termina

Figura 3.7 Altura significativa espectral, altura significativa espectral de viento, altura significativa espectral de mar de fondo 1 y 2 durante: (d) 10 April – 2 Mayo 2015, (e) 26 Mayo – 21 Junio 2014

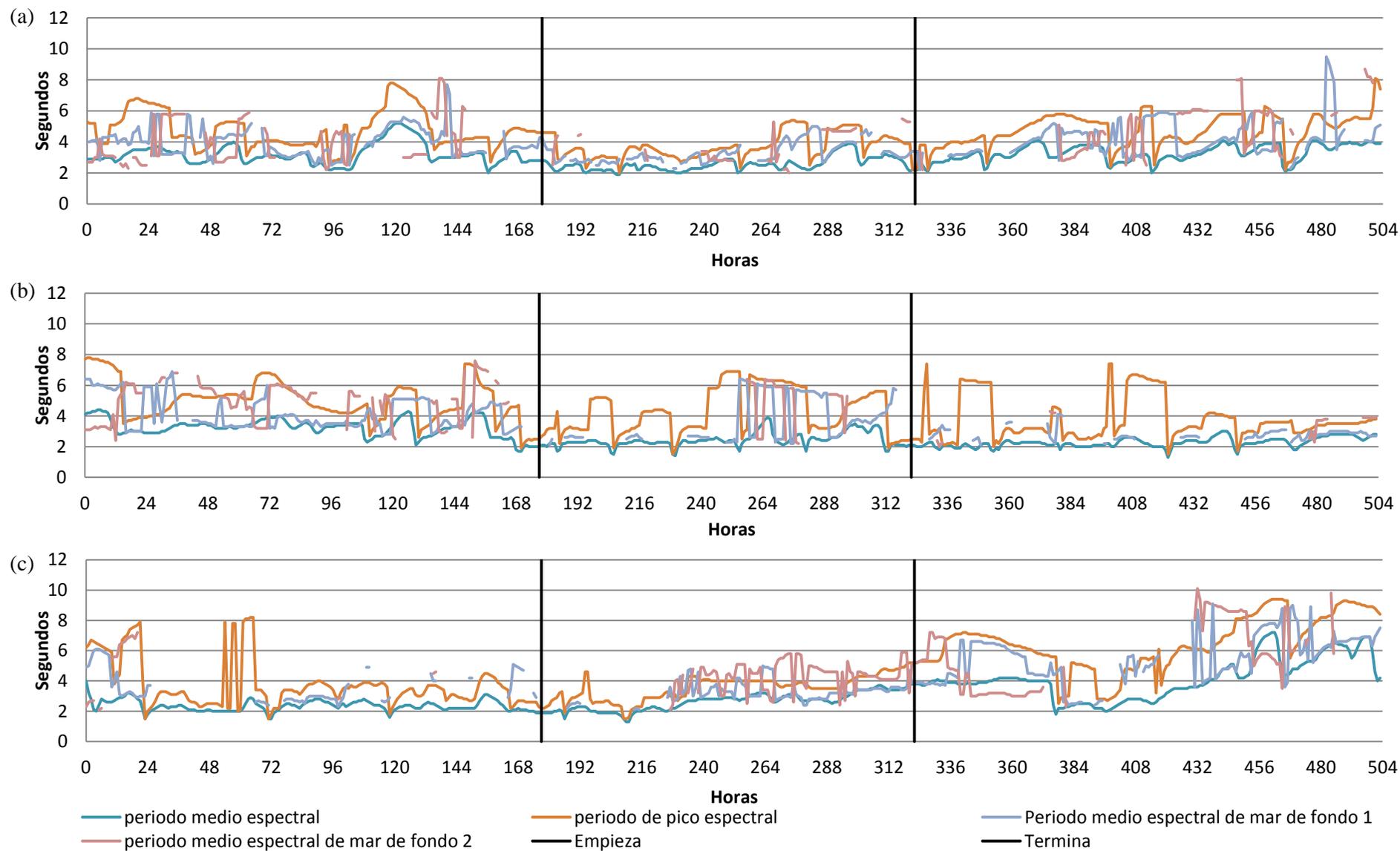


Figura 3.8 Periodos del oleaje durante: A) 25 Julio – 14 Agosto 2014, B) 30 Septiembre – 20 Octubre 2014, C) 11 Noviembre – 1 Diciembre 2014

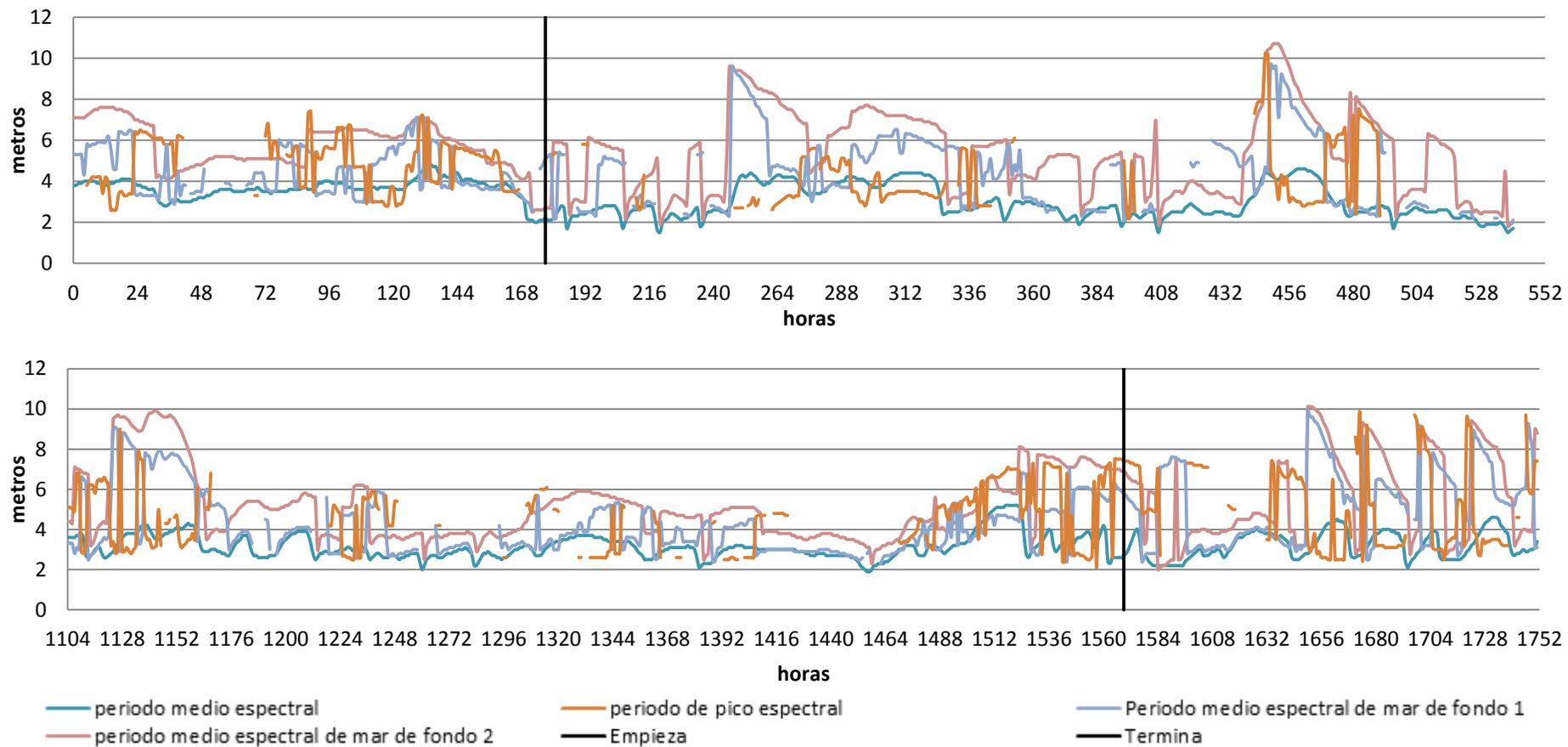


Figura 3.8 Periodos del oleaje durante: c) 10 Abril -2 Mayo 2015, d) 26 Mayo – 21 Junio 2015

3.2 Análisis de las Tasas de Sedimentación

3.2.1 Resultados de las Tasas de Sedimentación

La deposición total (Dt) fue determinada a partir de la interpolación de la cantidad de sedimento (eje x) a 20 cm (eje y) utilizando línea de tendencia exponencial (figura 3.9) (Gacia y Duarte, 2001). La mayor parte del resultado de interpolación era casi similar con los datos de los análisis de laboratorio que fueron mostrados por el alto valor de r^2 , excepto los datos del Punto 3 de Agosto y Punto 2 de Octubre (tabla 3.3). Los datos de Punto 0 mostraron el mayor Dt porque se encuentra fuera de la frontera del coralígeno y fue por encima de un sedimento arenoso-fangoso. Por desgracia, en el último muestreo, la trampa de sedimentos no pudo ser instalado en Punto 4 debido a algunas condiciones impredecibles. Otra diferencia que se debe anotar es la cantidad de sedimentos en el muestreo cuarto que tuvo lugar entre la primavera y hasta el principio del verano. En el Punto 0 se detectaron la mayor cantidad de sedimentos en cada muestreo, con un máximo que alcanzó hasta $724,78 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. En Noviembre, Dt mostró los valores más bajos, a excepción de Punto 4. Al Punto 2 y 3, el valor de Dt fue sólo $6,39 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ y $6,45 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, respectivamente.

Tabla 3.3 Resultados de estimación de deposición total (Dt)

Tiempo de muestreo	Punto	Dt $\text{g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$	r^2
1-7 Agosto 2014	0	46,28	0,9358
	1	16,42	0,9894
	2	9,77	0,7619
	3	8,81	0,3318
	4	11,42	0,9498
7-13 Octubre 2014	0	43,39	0,9608
	1	18,99	0,6624
	2	13,91	0,4537
	3	13,64	0,9995
	4	20,12	0,9437
18-24 Noviembre 2014	0	22,67	0,8741
	1	7,12	0,9846
	2	6,39	0,7595
	3	6,45	0,9625
	4	13,03	0,9120
17 April-14 Junio 2015	0	724,78	0,5626
	1	27,05	0,8809
	2	21,31	0,9335
	3	35,79	0,9044
	4	-	-

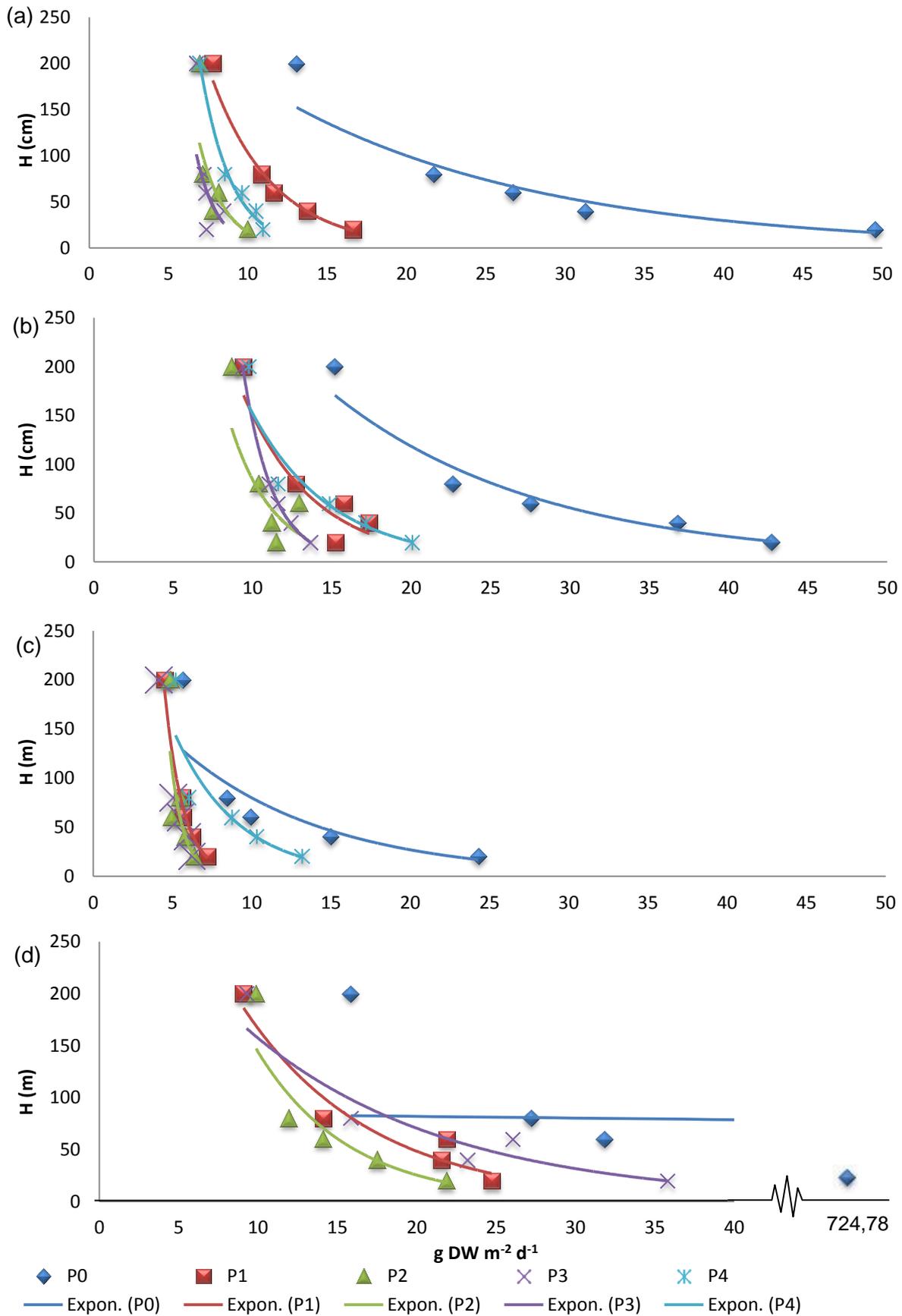


Figura 3.9 Gráficos para la estimación de Dt en : (a) 1-7 Agosto 2014; (b) 7-13 Octubre 2014; (c) 18-24 Noviembre 2014; (d) 17 Abril – 14 Junio 2015

La deposición primaria (Dp) se calculó directamente a 2 metros de altura para evitar la existencia del material resuspendido, mientras para deposición de resuspensión (Dr), los valores fueron obtenidos de la diferencia entre Dt y Dp. Los valores de Dp oscilan entre 4,12-15,84 g m⁻² d⁻¹ (tabla 3.4). En el segundo y cuarto muestreo, estos valores son los más altos, mientras que el tercer muestreo mostró los más bajos valores de Dp que coinciden con resultado de Dt. Diferente a Dt, en el periodo abril-junio, Dp no mostró un resultado muy alto que sólo demuestra cuán altos eran los valores de Dr. El valor más alto para Dr fue obtenido de nuevo en Punto 0 en el cuarto muestreo con el valor de 708,94 g m⁻² d⁻¹. En este período, otros puntos también mostraron los valores más altos de Dr. Relevante con valores de Dt y Dp, en noviembre, los valores de Dr también resultaron ser los más bajos especialmente en Punto 2, con valor de 1,55 g m⁻² d⁻¹.

Tabla 3.4 Los valores de tasa de sedimentación y resuspensión

Tiempo de muestreo	Punto	Dt	Dp	Dr	Dp Cl-a	Dr Cl-a
		g m ⁻² d ⁻¹			mg m ⁻² d ⁻¹	
1-7 Agosto 2014	0	46,28	13,07	33,21	1,42	1,06
	1	16,42	7,79	8,63	0,68	2,11
	2	9,77	6,95	2,82	0,68	1,57
	3	8,81	6,76	2,05	0,86	0,52
	4	11,42	6,98	4,45	1,46	0,39
7-13 Octubre 2014	0	43,39	15,18	28,21	1,61	0,28
	1	18,99	9,43	9,56	1,33	0,29
	2	13,91	8,67	5,24	1,25	0,45
	3	13,64	9,40	4,25	1,36	0,20
	4	20,12	9,74	10,38	1,53	0,19
18-24 Noviembre 2014	0	22,67	5,66	17,01	1,01	0,15
	1	7,12	4,49	2,63	0,94	0,09
	2	6,39	4,84	1,55	1,06	-0,06
	3	6,45	4,12	2,33	0,84	0,15
	4	13,03	5,19	7,85	0,91	0,19
17 April-14 Junio 2015	0	724,78	15,84	708,94	1,01	2,10
	1	27,05	9,08	17,97	0,99	0,50
	2	21,31	9,87	11,45	0,86	0,10
	3	35,79	9,27	26,52	1,11	0,90
	4					

En relación a la clorofila a, las tasas de deposición primaria (Dp Cl-a) fueron calculadas directamente a 2 metros de altura, mientras las tasas de resuspensión (Dr Cl-a) fueron obtenidas de la diferencia entre deposición primaria de clorofila a a los 20 cm y Dp Cl-a. Las Dp Cl-a oscilaron entre 0,68 a 1,61 mg m⁻² d⁻¹, con el valor máximo fue obtenido en Octubre. Si se compara con los sólidos totales, las Dp en Octubre eran también relativamente

mayores que en Agosto y Noviembre. En el tercer muestreo, Dr CI-a para Punto 2 tiene un valor inferior a cero porque el total de deposición fue de menos de Dp.

3.2.2 Las Características de Cada Punto

El hecho de que en el Punto 0 la cantidad de Dr eran siempre más grande que Dp, mostró que los sedimentos de arena fina era muy dinámico (Sospedra, 2014). Más cantidad de las partículas recibidas de la columna de agua se mantiene en movimiento que también es capaz de ser exportado a otra zona cercana. En Punto 0, el Dr representa 65-98% de Dt. Por otro lado, otros puntos no mostraron resultados constantes. Sólo algunos de ellos mostraron diferencia significativa más como en punto 1 y 3 en el cuarto de muestreo donde el Dr representa el 66% y el 74% de Dt respectivamente. Algunos valores de Dr sólo eran ligeramente superiores a Dp, mientras otros tenían valores de Dr menos que Dp.

Los resultados de las Dr tienden a fluctuar según la zona donde se colocaron de las trampas. En Punto 0, está claro que los resultados de las Dr mostraron mayor cantidad en comparación con otros puntos porque este punto se encuentra en la zona de sedimento arenoso fangoso (figura 3.10a). No obstante, otros puntos también mostraron un patrón. Punto 2 y Punto 3 tendían a tener valores más bajos que las Dr en Punto 1 y Punto 4 excepto en cuarto muestreo cuando las Dr en Punto 3 tenía valor más elevada que lo del Punto 1. Esta tendencia se puede explicar debido a la diferente condición del fondo del mar. Punto 1 se encuentra cerca de la frontera de coralígeno, a unos 5 metros de distancia de Punto 0 (figura 3.10 b). Aunque hay una diferencia en la topografía, aún puede existir una posibilidad de resuspensión de la zona de Punto 0. Punto 4 se encuentra en una zona erosionada (figura 3.10 d) por lo que este punto era más baja que sus alrededores como dentro de una cubeta. Debido a esta diferencia de elevación, área de Punto 4 recibe y conserva más sedimento; por lo que explicó por qué los valores de Dr eran mayor en este lugar. Por otro lado, Punto 2 y 3 se encuentran en el medio de coralígeno (figura 3.10c). Como resultado, estos dos puntos tendió a mostrar una menor tasa de deposición se compara con Dp y también en comparación con las Dr de otros puntos a excepción del cuarto muestreo.

A pesar de esta tendencia, la estadística había mostrado ninguna diferencia significativa entre las Dr en cada punto. A partir de las Dr, se realizó análisis estadístico (*one-way ANOVA*) para ver si existía una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 5 variables (punto 0 hasta 4) con un nivel del 5% de significación. El análisis mostró que ninguna de las 5 variables tenía un valor $p < 0,05$ así que no existía diferencia significativa. Sin embargo, existía una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones

estándar ($p < 0,05$) que viola uno de los supuestos importantes subyacentes en el análisis de varianza e invalidará la mayoría de las pruebas estadísticas comunes.

Por esta razón, se realizó otro análisis estadístico utilizando *two-way* ANOVA con dos factores que son ubicación (los puntos donde las trampas se habían colocado) y tiempo de muestreo. Los resultados muestran que ningún factor tenía un efecto estadísticamente significativo sobre D_t con un 95% de nivel de confianza ($p > 0,5$). Los mismos métodos de análisis también se realizaron utilizando las D_t y mostraron resultados iguales.

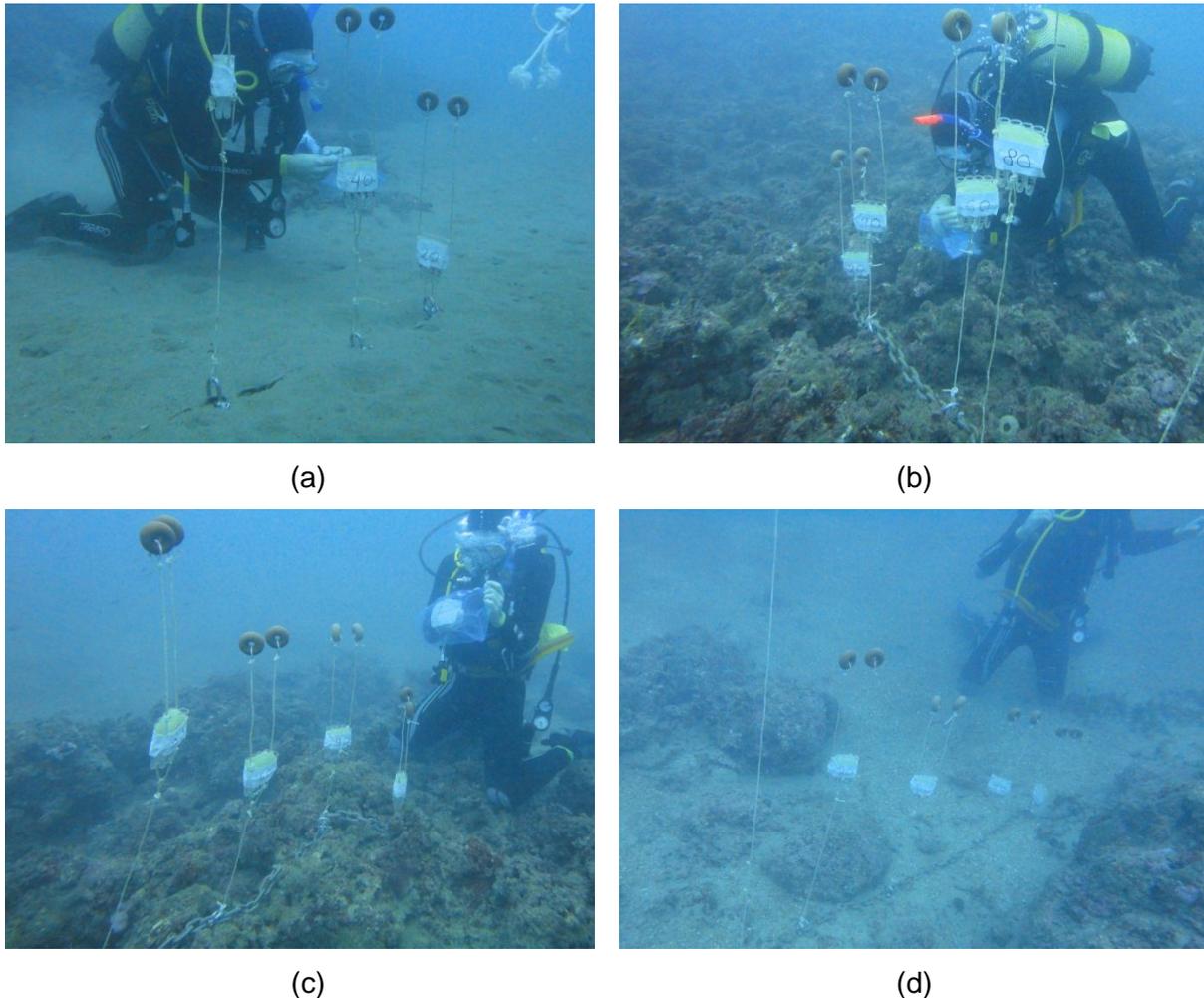


Figura 3.10 Las zonas donde se colocaron las trampas: (a) Punto 0, (b) Punto 1, (c) Punto 3, (d) Punto 4

3.2.3 Limitaciones del Uso de las Trampas de Sedimento

La sedimentación de material particulado es un proceso relevante en los ciclos biogeoquímico dentro del sistema marino. La instalación de trampas para recoger partículas de sedimento es útil para calcular la contribución de la superficie del fondo del mar a la columna de agua y estimar la resuspensión de las partículas presenta en el sedimento (Sospedra, 2014). Sin embargo, el uso tiene algunas limitaciones, como por ejemplo el

número de muestras que se deben tomar para los análisis de diferentes tipos de parámetros. Además, el sedimento puede contener muchos tipos de material, incluyendo material degradable, en este estudio se muestra por la existencia de la clorofila *a*. Es posible que cuando las trampas de sedimentos son colocados durante varios días en el mar, algunas partículas de sedimento se degrada. En ocasiones la macrofauna podrían entrar y alimentarse dentro de las trampas (Gremare et al., 1997; Danovaro et al., 2000). También cuando están muertos, el cuerpo se descompone y esto también cambia las características del sedimento. Otro riesgo de trabajar con estas trampas de sedimentos es la dificultad para mantener la posición vertical de las trampas. Asimismo, aunque la relación de $h: \varnothing$ de los tubos son más de 5, algunas condiciones aún podrían causar resuspensión dentro de los tubos sólidos totales, por lo tanto, la cantidad del sedimento que había sido analizada podría ser menor de la que debería ser.

En el caso del último muestreo, las trampas de sedimentos fue instalado para 58 días debido a la avería de embarcación que también coincidía con mal tiempo. Cuando fueron tomadas del mar, la condición de las trampas se muestra en la figura 3.11 Muchos organismos de la macrofauna tales como poliquetos, gasterópodos y crustáceos se encontraron dentro de los tubos por que tuvieron que ser retirados durante la filtración. La mayor parte del color de la sedimento era negro con olor desagradable que indicó el proceso de descomposición. Los datos de clorofila *a* no representarían el cierre para corregir la velocidad de deposición. Sin embargo, estos datos todavía podrían dar alguna imagen sobre la condición durante el período de muestreo.

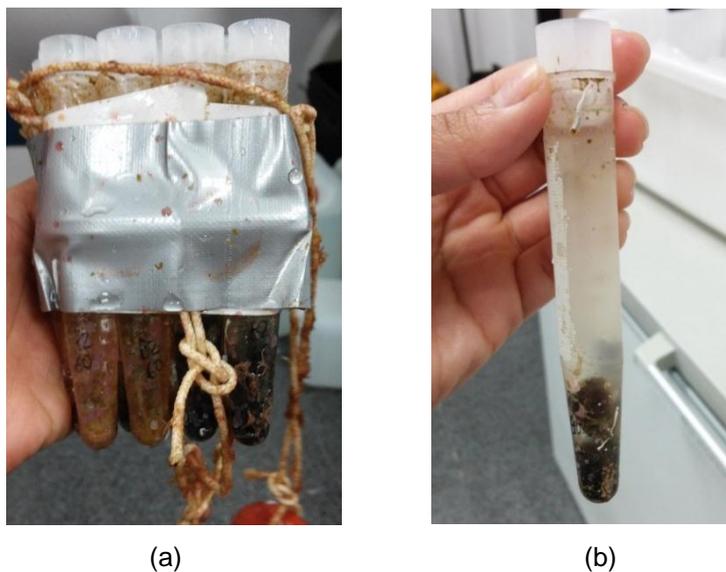


Figura 3.11 (a) y (b) La condición de las trampas del sedimento después de haber sido colocado durante 58 días en abril-junio 2015

A pesar de la alta cantidad de Dp, la cantidad de Dp CI-a en el cuarto muestreo mostró un resultado bajo, diferente a los resultados del segundo muestreo. Aunque corriente de agua también podría influir en la deposición de clorofila *a*, en este caso hay una posibilidad más alta que mucha cantidad de clorofila dentro de los tubos ya se había degradado, por lo que su cantidad solo representaba la cantidad real de clorofila *a* durante varios días antes de las trampas fueron recolectadas.

3.2.4 Efecto de los Factores Hidrodinámicos y Meteorológicos a la Resuspensión del Sedimento

A partir de los resultados obtenidos, no se podría decidir si las Dt y Dr crean un patrón predecible durante un año porque este estudio sólo proporcionan cuatro conjunto de datos en tres estaciones (sin invierno) así que no disponemos de suficientes datos para comparar. Algunos autores que trabajaron en el Mediterráneo occidental, como Monaco *et al.* (1990), Bavestrello *et al.*, (1995), Charles *et al.*, (1995), and Gremare *et al.* (1997) habían detectado un patrón según el cambio de la estación del año. De acuerdo con su trabajo, se puede concluir que entre el verano y los principios de otoño se detectó baja tasa de sedimentación, mientras que la primavera y el final del otoño y el invierno mostraron tasas de sedimentación más elevadas debido a mayor frecuencia de temporales y lluvia. En este estudio, la mínima Dt y Dr fueron obtenidos en el final del otoño en noviembre, que es lo contrario del resultado de esos estudios habían mencionado. Los resultados en agosto no eran mínimos, pero eran relativamente bajos en comparación con los datos de octubre y abril-junio. Por otro lado, los resultados en el cuarto muestreo (en la primavera hasta principios de verano) coincidieron con el patrón ya que los valores de Dt y Dr son significativamente superiores en comparación con otros resultados. Sin embargo, a pesar de la alta tendencia, cada estación podría tener diferentes fenómenos meteorológicos cada año. Por lo tanto, también es necesario relacionar Dt y Dr con factores meteorológicos e hidrodinámicas más específicas.

La figura 3.12 muestra el matriz de dispersión para cada variable. En tabla 3.5, se muestra los resultados de análisis de correlación Pearson entre cada parámetro en cada punto con las características del oleaje y viento cuando se realizaron los muestreos. En la tabla solo se habían puesto los valores de r para los parámetros que tenían correlación ($p < 0,05$). No todos los puntos tenían mismo comportamiento, sobre todo punto 1 y 4. Sin embargo, se puede observar que las Dt y Dr en tres diferente puntos tenían correlación con periodo de pico espectral máximo (Tp max) y con periodo medio espectral máximo de mar de fondo (Tm02_F1 max y Tm02_F1 max).

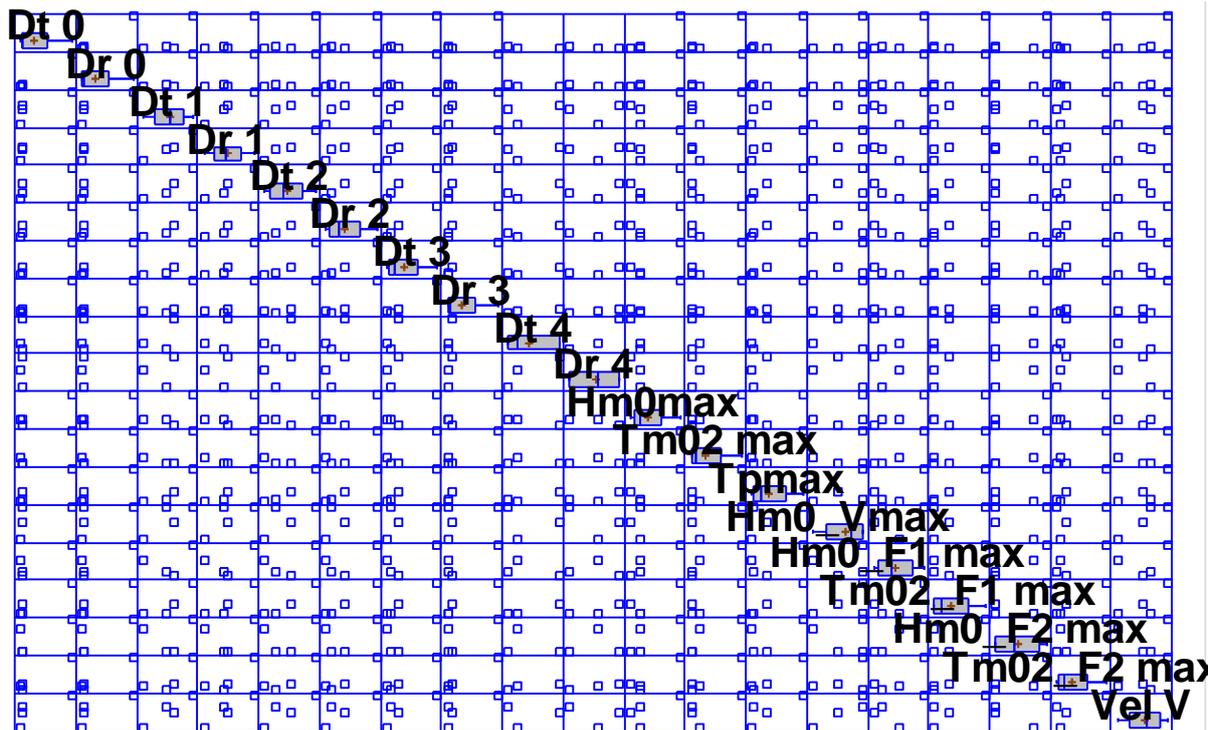


Figura 3.12 Matriz de dispersión

Tabla 3.5 Coeficientes de correlación de Pearson para cada par de variables

Punto	0		1		2		3		4	
	Dt	Dr	Dt	Dr	Dt	Dr	Dt	Dr	Dt	Dr
Hm0 max	0,98	0,98	-	-	-	-	-	0,96	-	-
Tm02 max	0,98	0,99	-	-	-	-	-	0,98	-	-
Tp max	0,96	0,96	-	-	0,97	1,00	1,00	0,98	-	-
Hm0_V max	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hm0_F1 max	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tm02_F1 max	0,96	0,96	-	-	0,97	0,99	0,99	0,98	-	-
Hm0_F2 max	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tm02_F2 max	0,98	0,98	-	-	-	0,96	0,99	1,00	-	-
Vel V max	-	-	0,95	-	-	-	-	-	-	-

La correlación entre Dr y Dt con los periodos de ola indica que la longitud de onda de oleaje puede desencadenar un movimiento de materiales en el fondo del mar, por lo tanto, causa más resuspensión. Este resultado podría explicar el valor elevado de Dr en Punto 0 en el cuarto muestreo. Al igual que se había mostrado en Tabla 3.2, el mayor periodo de pico espectral en cuarto muestreo fue 10,7 s, mientras que para mar de fondo 1 y 2, los valores máximo periodo medio espectral eran 9,7 s y 10,2 s. Estos valores fueron los más altos entre otro tiempo del muestreo. Un estudio realizado por Puig *et al.* (2001) demostró que

período de onda a lo largo de altura del oleaje significativo fueron el factor más responsable de la resuspensión de los sedimentos.

En cuanto a altura significativa espectral, solamente las D_t y D_r en Punto 0 y las D_r en Punto 3 dieron una correlación positiva con la máxima altura significativa espectral ($H_{m0\ max}$). Al igual que en el caso de los periodos antes, la altura significativa espectral máxima en el cuarto muestreo que era 1,2 m procedente del NE fue mayor que en otro tiempo del muestreo. Este factor entonces contribuye a la gran cantidad de resuspensión en Punto 0. Autores como Pejrup (1996) y Puig *et al.* (2001) mostraron que la altura del oleaje provoca la resuspensión en zona con escasa oscilación mareal como mediterránea. Un estudio realizado en zona litoral de Gandia por Sospedra (2014) también observó una correlación entre la altura significativa espectral máxima del oleaje con D_t y D_r . Según Sospedra (2014), en zona somera y formada por arenas finas, homogéneas y desnudas, una altura de ola por encima de 0,8 -0,9 m puede desencadenar una elevada resuspensión.

Sin embargo, los resultados de otros autores no podrían ser comparables con los resultados del presente estudio en los puntos sobre el coralígeno (Puntos 1 – 4), porque estos estudios se llevaron a cabo por encima de arenas y no de un hábitat de coralígeno. El hecho de que el punto 0 se encuentra por encima de sedimento arenoso fangoso, sin la existencia de coralígeno, explicó por qué la condición de oleaje aporta mayor impacto sobre el movimiento de los sedimentos en comparación con otros puntos.

En este estudio no se puede observar la correlación entre la tasa de resuspensión con la velocidad del viento como generador del oleaje. Sólo D_t en Punto 1 mostró una correlación con la velocidad del viento. La deposición de sedimentos también no se vió afectada por el oleaje causado por el viento (mar de viento).

3.2.5 Retención del Sedimento en la Zona Coralígeno

En este estudio, los valores de D_p fueron del mismo orden de magnitud que los resultados publicados por otros autores (tabla 3.6).

Los valores de D_p en presente estudio oscilaron entre 4,12–9,87 $g\ m^{-2}\ d^{-1}$ sobre el coralígeno (Tabla 3.5). Con ese valor, se puede predecir que en un año, el coralígeno puede retener 1,5–3,6 $kg\ m^{-2}\ año^{-1}$. Este valor es en el mismo orden de magnitud que el obtenido en el estudio realizado por Sartoretto (1996). Según Sartoretto (1996), el coralígeno en la región de Marsella, situados a una profundidad entre 30 y 60 m retenidos unos 9 $kg\ m^{-2}\ año^{-1}$ de partículas de sedimento, mientras que la retención en aguas poco profundas es mucho más baja (Sartoretto 1996).

Tabla 3.6 Tasas de deposición primaria en distintas localizaciones en el Mediterráneo occidental

Lugar	Profundidad	Dp (g m ⁻² d ⁻¹)	Referencia
Bahía de Banyuls-sur-mer (Francia)	18 m arena	0,6 – 107,8 ¹	Charles <i>et al.</i> , 1995
Bahía de Banyuls-sur-mer (Francia)	18 m arena	0,6 – 317,8 ¹	Grémare <i>et al.</i> , 1997
Costa Catalana (España)	2 – 15 m arena	4,7 – 33,8 ²	Gacia <i>et al.</i> , 1999
Punta Fanals (España)	15 m arena	1,93 – 46,27 ³	Gacia y Duarte, 2001
Punta Fanals (España)	15 m <i>Posidonia oceanica</i>	2,19 – 38,4 ³	Gacia y Duarte, 2001
Golfo Valencia	9 m arena	38 - 141 ²	Sospedra, 2014
La Vinyeta	17,5 m Arena fangosa	5,66 – 15,84	Presente estudio
La Vinyeta	15 – 17,5 m coralígeno	4,12 – 9,87	Presente estudio

¹ Trampas instaladas a 3 m sobre el fondo

² Deposición primaria a 80 cm del fondo

³ Deposición primaria a 100 m del fondo

Con la rugosidad, es más fácil para el coralígeno atrapar sedimentos que también tiene su papel en su acumulación. Por el complejo proceso de litificación, el sedimento retenido se convertiría en la parte de la roca biogénica (Marshall, 1983). Una vez se incorpora con el conjunto, sería una base de nuevos organismos que viven en coralígeno, como las algas, briozoos, moluscos, etc. Con el índice de rugosidad más de 1 (Peláez, 2014), esta zona del coralígeno se puede clasificar como una zona con alta rugosidad. Este índice podría estar relacionado con la cantidad de sedimento que el coralígeno es capaz de retener, pero lamentablemente no ha habido otro estudio para probar esta hipótesis.

3.2.6 Contribución de Fracción Orgánica

Respeto a la contribución de fracción orgánica en el sedimento, Charles *et al.* (1995) y Sospedra (2014), observaron mayor importancia de fracción orgánica en Dt cuando Dr es relativamente baja. En el estudio del Sospedra (2014), los valores de Dp Cl-a eran superiores a las Dr Cl-a cuando las Dr eran bajas. Por otro lado, en estudio presente, los valores de Dr eran relativamente bajos en comparación con otros estudios (Tabla 3.7), menos el dato del último muestreo en Punto 0. Excepto ese dato, la mayoría de Dp Cl-a era superior de Dr Cl-a que demuestra que había más clorofila-a recibido en las trampas fue contenido en el material que se depositó previamente de columna de agua (figura 3.13). Este resultado indicó que haya diferente entre la composición de material sedimentable y el

material resuspendido. El material resuspendido probablemente consistía principalmente de material inerte.

Tabla 3.7 Tasas de resuspensión en distintas localizaciones en el Mediterráneo occidental

Lugar	Profundidad	Dr ($\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$)	Referencia
Costa Catalana (España)	2 – 15 m arena	0 – 47,5	Gacia <i>et al.</i> , 1999
Punta Fanals (España)	15 m arena	0 – 318,7	Gacia y Duarte, 2001
Punta Fanals (España)	15 m <i>Posidonia oceanica</i>	0 – 999,7	Gacia y Duarte, 2001
Golfo Valencia	9 m arena	52 – 5493	Sospedra, 2014
La Vinyeta	17,5 m Arena fangosa	17,01 – 708,94	Presente estudio
La Vinyeta	15 – 17,5 m coralígeno	2,05 – 26,52	Presente estudio

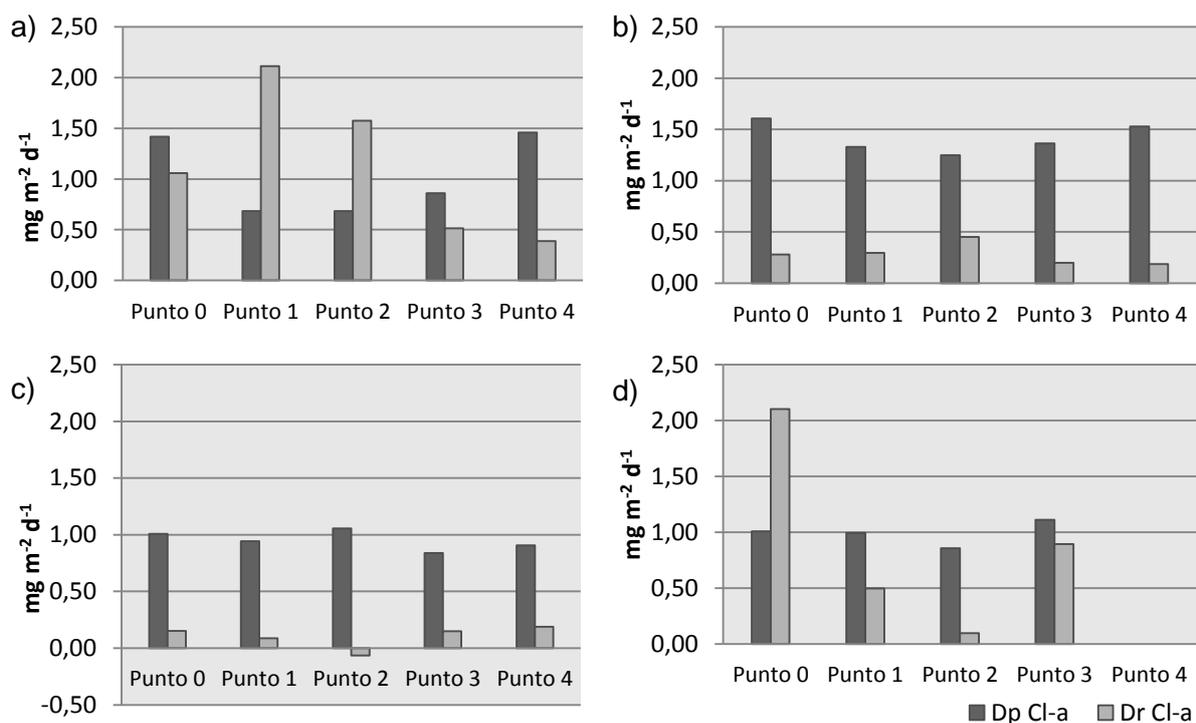


Figura 3.13 Dp Cl-a y Dr Cl-a en: a) 1-7 Agosto 2014; b) 7-13 Octubre 2014; c) 18-24 Noviembre 2014, d) 17 Abril – 14 Junio 2015

4. CONCLUSION Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

Las principales conclusiones obtenidas, fueron las siguientes:

- Los resultados de la deposición primaria oscilaron entre 5,66–15,84 g m⁻²d⁻¹ en arena fangosa y 4,12–9,87 g m⁻² d⁻¹ en coralígeno. Mientras los valores de las tasas de resuspensión fueron de 17,01–708,94 g m⁻² d⁻¹ en arena fangosa y 2,05 – 26,52 g m⁻²d⁻¹ sobre el coralígeno.
- Respecto a la deposición primaria de clorofila *a*, los resultados obtenidos fueron de 1,01–1,61 mg m⁻²d⁻¹ sobre sedimento arenoso fangoso y 0,68–1,53 mg m⁻²d⁻¹ en el coralígeno. Las tasas de resuspensión de clorofila *a* mostraron los valores entre 0,15 – 1,06 mg m⁻² d⁻¹ (sin el cuarto muestreo) en sedimento arenoso fangoso y 0 – 2,11 mg m⁻² d⁻¹ en el coralígeno.
- Existía una cantidad diferente de material resuspendido en la zona de sedimento arenoso fangoso en comparación a la zona del coralígeno, pero estadísticamente no existía una diferencia significativa. También existía una tendencia de que los valores de *Dr* fueron diferentes en cada punto, pero tampoco estadísticamente no existía diferencia significativa entre ellos.
- La zona por encima del sedimento arenoso fangoso estaba más afectada por las condiciones hidrodinámicas y meteorológicas en comparación con aquellas otras zonas por encima del coralígeno.
- A partir de un cálculo aproximado utilizando valores *Dp*, el coralígeno es capaz de retener unos 1,5 - 3,6 kg m⁻² año⁻¹, que más tarde juega un papel en el desarrollo de esta roca biogénica.
- La mayoría de las *Dr* Cl-a fueron más bajas que *Dp* Cl-a incluso cuando las *Dr* fueron más altas que *Dp*. Esto indicó que existía una diferencia entre la composición de la materia sedimentable y la que se resuspende

En este trabajo se proponen algunas sugerencias que pueden ayudar a mejorar las investigaciones futuras:

- Sería conveniente instalar las trampas con más frecuencia durante un año de modo que habría más datos para comparar en cada diferente condición.
- Sería mejor dejar las trampas de sedimentos no más de siete días, ya que con más tiempo, hay más posibilidad de que algunas partículas se degrade y que afectaría a la validez de los resultados.
- Este estudio sólo incluyó el borde oriental de La Vinyeta, por lo tanto, otro estudio en diferente parte de esta comunidad, por ejemplo, en el lado oeste de La Vinyeta, sería

también interesante. Con otro estudio, habría un resultado comparable y podría mostrar si la sedimentación y resuspensión se comportan igual en cada parte de este hábitat.

- La línea de transecto donde se instalaron las trampas de sedimento estaba en total sobre 200 metros de longitud. Es difícil instalar los cinco puntos en una sola inmersión, ya que requería mucho tiempo y no había suficiente aire. Por lo tanto, en el futuro, sería conveniente hacer un transecto más corta o si los recursos son suficientes, se podría hacer más de una inmersión en un muestreo.

El presente estudio es el primer trabajo que se centró en el estudio de los sedimentos en La Vinyeta, por lo tanto aún hay mucha posibilidad de estudio que se podría desarrollar. En cuanto a la cantidad de deposición primaria en esta área, sería interesante saber la cantidad de sedimento que se incorpora a la concreción de coralígeno y como los sedimentos pueden jugar un papel en el crecimiento del coralígeno. Este conocimiento podría conducir a otra investigación sobre la cantidad del sedimento que puede llegar a ser limitante en el desarrollo de coralígeno.

Queda pendiente abordar un estudio sobre los sedimentos en la columna del agua. Estos datos pueden ser útiles para luego desarrollar un plan de monitoreo del coralígeno en La Vinyeta. Por ejemplo, mediante el estudio de característica de columna de agua, tales como turbidez, una correlación entre estos datos y la deposición de sedimentos se podría encontrar, por lo tanto, una condición que indica bajo o alto nivel de deposición de sedimentos puede ser identificado rápidamente.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Adey, W. H., & Vassar, J. M. (1975). Colonization, succession and growth rates of tropical crustose coralline algae (Rhodophyta, Cryptonemiales)*. *Phycologia*, 14(2), 55-69.
- Airoldi, L. (2003). The effects of sedimentation on rocky coast assemblages. *Oceanography and Marine Biology*, 41, 161–236.
- Airoldi, L., & Cinelli, F. (1997). Effects of sedimentation on subtidal macroalgal assemblages: An experimental study from a mediterranean rocky shore. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 215(2), 269–288. [http://doi.org/10.1016/S0022-0981\(96\)02770-0](http://doi.org/10.1016/S0022-0981(96)02770-0)
- APHA. (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Water Works Association/American Public Works Association/Water Environment Federation.
- Balata, D., Piazzì, L., Cecchi, E., & Cinelli, F. (2005). Variability of Mediterranean coralligenous assemblages subject to local variation in sediment deposition. *Marine Environmental Research*, 60(4), 403–421. <http://doi.org/10.1016/j.marenvres.2004.12.005>
- Ballesteros, E. (1992). *Els vegetals i la zonació litoral: espècies, comunitats i factors que influeixen en la seva distribució* (Vol. 101). Institut d'Estudis Catalans.
- Ballesteros, E. (2003). The coralligenous in the Mediterranean Sea: Definition of the coralligenous assemblage in the Mediterranean, its main builders, its richness and key role in benthic ecology as well as its threats. Project for the preparation of a Strategic Action Plan for the Conservation of the Biodiversity in the Mediterranean Region (SAP BIO). In *RAC/SPA—Regional Activity Centre for Specially Protected Areas*.
- Ballesteros, E. (2006). Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 44, 123–195. Retrieved from http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=R7-TfdYeLEgC&oi=fnd&pg=PA123&dq=MEDITERRANEAN+CORALLIGENOUS+ASSEMBLAGES+:+A+SYNTHESIS+OF+PRESENT+KNOWLEDGE&ots=duUka7bnJe&sig=Riw-B_d7jFaASmQsluV4Tr_h7v0
- Bavestrello, G., & Cattaneo-Vietti, R. (1995). Annual sedimentation rates and role of the resuspension processes along a vertical cliff (Ligurian Sea, Italy). *Journal of Coastal ...*, 11, 690–696. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/10.2307/4298372>
- Bellan-Santini, D., Lacaze, J.-C., & Poizat, C. (1994). Les biocénoses marine et littorales de Méditerranée, synthèse, menaces et perspectives. *Collection Patrimoines Naturels, Muséum National d'Histoire Naturelle Paris*, 19, 1–246.
- Bergbauer, M., & Humberg, B. (2002). *Flora y fauna submarina del mar Mediterráneo: una guía de identificación para naturalistas, aficionados y buceadores*. Editorial Omega.
- Bianchi, N., & Morri, C. (2000). Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: situation, problems and prospects for future research. *Marine Pollution Bulletin*, 40(5), 367–376. [http://doi.org/10.1016/S0025-326X\(00\)00027-8](http://doi.org/10.1016/S0025-326X(00)00027-8)
- Blomqvist, S., & Hakanson, L. (1981). A review on sediment traps in aquatic environments. *Archiv fur Hydrobiologie*, 91(1).
- Boero, F., & Fraschetti, S. (2009). Marine habitats: fauna and ecology. *Italian habitats: Expression of biodiversity*, 149-186.

- Bonacorsi, M., Alami, S., Breand, N., Clabaut, P., Daniel, B., Pergent, G., Pergent-Martini, C. (2014). Cartography of main coastal ecosystems (coralligenous and rhodolith beds) along the Corsican Coasts. In C. Bouafif, H. Langar, A. Ouerghi (Ed.), *Proceedings of the second Mediterranean Symposium on the conservation of Coralligenous & other Calcareous Bio-Concretions (Portorož, Slovenia, 29-30 October 2014)*. Tunis: RAC/SPA
- Boudouresque, C.F. (1973). Recherches de bionomie analytique, structurale et expérimentale sur les peuplements benthiques sciaphiles de Méditerranée occidentale (fraction algale). *Bulletin du Muséum d'histoire naturelle*, 33, 147.
- Boudouresque, C.-F. (2004). Marine biodiversity in the mediterranean; status of species, populations and communities. *Travaux Scientifiques Du Parc National de Port-Cros*, 20, 97–146. Retrieved from http://com.univ-mrs.fr/~boudouresque/Publications_pdf/Boudouresque_2004_Biodiversity_Mediterranean_SRPNP.pdf
- Bracchi, V. A., Basso, D., Savini, A., Marchese, F., Corselli, C. (2014). Coralligenous: Insight for a new geomorphological definition. In C. Bouafif, H. Langar, A. Ouerghi (Ed.), *Proceedings of the second Mediterranean Symposium on the conservation of Coralligenous & other Calcareous Bio-Concretions (Portorož, Slovenia, 29-30 October 2014)*. Tunis: RAC/SPA
- Cánovas Molina, A., Montefalcone, M., Canessa, M., Coppo, S., Diviacco, G., Morri, C., Ferrari, M., Cerrano, C., Armstrong, R., Bianchi, C. N., Bavestrello, G. (2014). Coralligenous reefs in Liguria: distribution and aharacterization. In C. Bouafif, H. Langar, A. Ouerghi (Ed.), *Proceedings of the second Mediterranean Symposium on the conservation of Coralligenous & other Calcareous Bio-Concretions (Portorož, Slovenia, 29-30 October 2014)*. Tunis: RAC/SPA
- Charles, F., Amouroux, J. M., Grémare, A., & Baudart, J. (1995). A bioassay approach to temporal variation in the nutritional value of sediment trap material. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. [http://doi.org/10.1016/0022-0981\(95\)00046-T](http://doi.org/10.1016/0022-0981(95)00046-T)
- Danovaro, R., Della Croce, N., Dell'Anno, A., Fabiano, M., Marrale, D., & Martorano, D. (2000). Seasonal changes and biochemical composition of the labile organic matter flux in the Cretan Sea. *Progress in Oceanography*, 46(2-4), 259–278. [http://doi.org/10.1016/S0079-6611\(00\)00022-7](http://doi.org/10.1016/S0079-6611(00)00022-7)
- Feral, J. P., Arvanitidis, C., Chenuil, A., Çinar, M.E., David, R., Fremaux, A., Koutsoubas, D., Sartoretto, S. (2014). CIGESMED: coralligenous based indicators to evaluate and monitor the "good environmental status" of the Mediterranean coastal waters, a seasera project (www.cigesmed.eu). In C. Bouafif, H. Langar, A. Ouerghi (Ed.), *Proceedings of the second Mediterranean Symposium on the conservation of Coralligenous & other Calcareous Bio-Concretions (Portorož, Slovenia, 29-30 October 2014)*. Tunis: RAC/SPA
- Gacia, E., & Duarte, C. M. (2001). Sediment retention by a Mediterranean Posidonia oceanica meadow: the balance between deposition and resuspension. *Estuarine, coastal and shelf science*, 52(4), 505-514.

- Gacia, E., Granata, T. ., & Duarte, C. . (1999). An approach to measurement of particle flux and sediment retention within seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows. *Aquatic Botany*. [http://doi.org/10.1016/S0304-3770\(99\)00044-3](http://doi.org/10.1016/S0304-3770(99)00044-3)
- Gremare, A., Amouroux, J. M., Charles, F., Dinet, A., Riaux-Gobin, C., Baudart, J., Medernach, L., Bodiou, J. Y., Vétion, G, Colomines, J. C., & Albert, P. (1997). Temporal changes in the biochemical composition and nutritional value of the particulate organic matter available to surface deposit-feeders: a two year study. *Marine Ecology Progress Series*, 150(1), 195-206.
- Hargrave, B. T., & Burns, N. M. (1979). Assessment of sediment trap collection efficiency. *Limnology and Oceanography*. <http://doi.org/10.4319/lo.1979.24.6.1124>
- Ichiye, T. (1966, August). Turbulent diffusion of suspended particles near the ocean bottom. In *Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts* (Vol. 13, No. 4, pp. 679-685). Elsevier.
- Irving, A. D., & Connell, S. D. (2002). Sedimentation and light penetration interact to maintain heterogeneity of subtidal habitats: Algal versus invertebrate dominated assemblages. *Marine Ecology Progress Series*, 245, 83–91. <http://doi.org/10.3354/meps245083>
- Jeffrey, S. W., & Humphrey, G. F. (1975). New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochemical Physiology Pflanz* 167: 191–194. *Biochemical Physiology Pflanz*, (167), 191–194. [http://doi.org/10.1016/0022-2860\(75\)85046-0](http://doi.org/10.1016/0022-2860(75)85046-0)
- Laborel, J. (1961). Le concretionnement algal “coralligène” et son importance géomorphologique en Méditerranée. *Recueil des travaux de la Station marine d'Endoume*, 23(37), 37-60.
- Laborel, J., Morhange, C., Lafont, R., Le Campion, J., Laborel-Deguen, F., & Sartoretto, S. (1994). Biological evidence of sea-level rise during the last 4500 years on the rocky coasts of continental southwestern France and Corsica. *Marine Geology*, 120(3), 203-223.
- Lamarck, J. B. P. A. (1801). Système des animaux sans vertèbres, ou tableau général des classes, des ordres et des genres de ces animaux; présentant leurs caractères essentiels et leur distribution, d'après la considération de leurs rapports naturels et de leur organisation, et suivant l'arrangement établi dans les galeries du Muséum d'Histoire naturelle, parmi leurs dépouilles conservées; précédé du discours d'ouverture du cours de zoologie, donné dans le Muséum national d'Histoire naturelle l'an 8 de la République. Publication *Genera Crustaceorum et Insectorum secundum Ordinem naturalem in Familias disposita, Iconibus Exemplisque plurimis explicatae*.
- Laubier, L. (1966). Le coralligène des Albères: monographie biocénotique. *Annales de l'Institut Océanographique de Monaco* 43, 139–316.
- Littler, M. M. (1973). The population and community structure of Hawaiian fringing-reef crustose Corallinaceae (Rhodophyta, Cryptonemiales). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 11(2), 103-120.
- Marion A. F. (1883). Esquisse d'une topographie zoologique du Golfe de Marseille. *Annales Musée d'Histoire Naturelle Marseille*, 1 : 1-108.

- Marshall, J. (1983). The fate of borings relations between bioerosion, internal sediment infill and submarine cementation. In J. T. Baker, R. M. Carter, P. W. Sammarco, & K. P. Stark (Eds.), *Proc. Great Barrier Reef Conference, Townsville, Australia* (pp. 129-134).
- Martí, R., Uriz, M. J., Ballesteros, E., & Turon, X. (2004). Benthic assemblages in two Mediterranean caves: species diversity and coverage as a function of abiotic parameters and geographic distance. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 84(03), 557-572.
- Martí, R., Uriz, M. J., Ballesteros, E., & Turon, X. (2005). Seasonal variation in the structure of three Mediterranean algal communities in various light conditions. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 64(4), 613–622. <http://doi.org/10.1016/j.ecss.2005.04.009>
- Martin, S., Charnoz, A., & Gattuso, J. P. (2013a). Photosynthesis, respiration and calcification in the Mediterranean crustose coralline alga *Lithophyllum cabiochae* (Corallinales, Rhodophyta). *European Journal of Phycology*, 48(2), 163-172.
- Martin, S., Cohu, S., Vignot, C., Zimmerman, G., & Gattuso, J. P. (2013b). One-year experiment on the physiological response of the Mediterranean crustose coralline alga, *Lithophyllum cabiochae*, to elevated pCO₂ and temperature. *Ecology and evolution*, 3(3), 676-693.
- Monaco, A., Biscaye, P., Soyer, J., Pocklington, R., & Heussner, S. (1990). Particle fluxes and ecosystem response on a continental margin: the 1985–1988 Mediterranean ECOMARGE experiment. *Continental Shelf Research*. [http://doi.org/10.1016/0278-4343\(90\)90061-P](http://doi.org/10.1016/0278-4343(90)90061-P)
- Morten, A. (2010). *Un approccio sistemico alla valutazione economica della biodiversità: il caso dell'area marina protetta di Berggeggi*. Università di Genova: 120pp.
- Nieto, L. (2000). El medi subaquàtic a la Safor. *CEIC Alfons El Vell. Gandía*.
- Noisette, F. (2013). *Impacts de l'acidification des océans sur les organismes benthiques calcifiants des milieux côtiers tempérés* (Doctoral dissertation, Université Pierre et Marie Curie-Paris VI).
- Pejrup, M., Valeur, J., & Jensen, A. (1996). Vertical fluxes of particulate matter in Aarhus Bight, Denmark. *Continental Shelf Research*. [http://doi.org/10.1016/0278-4343\(95\)00044-5](http://doi.org/10.1016/0278-4343(95)00044-5)
- Peláez, R. (2014). *Estructura de la comunidad de un enclave de coralígeno de la costa de Gandía* (Tesis de máster). Recuperado de <http://hdl.handle.net/10251/44889>
- Pérès, J. M., & Picard, J. (1964). Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Recueil Travaux Station Marine Endoume*, 31, 1–137.
- Puig, P., Palanques, A., & Guillén, J. (2001). Near-bottom suspended sediment variability caused by storms and near-inertial internal waves on the Ebro mid continental shelf (NW Mediterranean). *Marine Geology*, 178(1-4), 81–93. [http://doi.org/10.1016/S0025-3227\(01\)00186-4](http://doi.org/10.1016/S0025-3227(01)00186-4)
- Relini, G. (2009). *Marine bioconstructions: nature's architectural seascapes*. Edizioni del Museo Friulano di Storia Naturale.

- Rogers, C. S., Gilnack, M., & Fitz, H. C. (1983). Monitoring of coral reefs with linear transects: a study of storm damage. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 66(3), 285-300.
- Roghi, F., Parravicini, V., Montefalcone, M., Rovere, A., Morri, C., Peirano, A., ... Salvati, E. (2010). Decadal evolution of a coralligenous ecosystem under the influence of human impacts and climate change. *Biologia Marina Mediterranea*, 17(1), 59–62.
- Sartoretto, S. (1996). *Vitesse de croissance et bioérosion des concrétionnements "coralligènes" de Méditerranée nord-occidentale. Rapport avec les variations holocènes du niveau marin*. Thèse Doctorat d'Écologie, Université d'Aix-Marseille, II.
- Sospedra, J. (2014). *Flujos de oxígeno y nutrientes entre sedimento y columna de agua: caso de las arenas finas infralitorales* (Tesis doctoral). Recuperado de <http://hdl.handle.net/10251/48466>
- UNEP – MAP – RAC/SPA (2009). - *Proceedings of the 1st Mediterranean symposium on the conservation of the coralligenous and other calcareous bio-concretions* (Tabarka, 15-16 January 2009). C. Pergent-Martini & M. Brichet eds., RAC/SPA publ. : Tunis: 273 pages.
- UNEP/MAP – RAC/SPA, 2014. *Proceedings of the second Mediterranean Symposium on the conservation of Coralligenous and other Calcareous Bio-Concretions* (Portorož, Slovenia, 29-30 October 2014). BOUAFIF C., LANGAR H., OUERGHI A., edits., RAC/SPA publ., Tunis: 247p.
- Valeur, J. R. (1994). Resuspension mechanisms and measuring methods. *Sediment trap studies in the nordic countries*, 184-202.