

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

MÁSTER UNIVERSITARIO EN EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO
AMBIENTAL DE ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA POLITECNICA
SUPERIOR DE GANDIA

**“Distribución y abundancia de gorgonias en los
fondos de bioconstrucciones de algas esciáfilas
del sector sur del Golfo de Valencia
(Mediterráneo Occidental)”**

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

Autor/es:

Jorge Iván Bermúdez Rodríguez

Director/es:

D. Miguel Rodilla Alamá

D. José Ismael Pastor Gimeno

GANDIA, 2016

Índice

Resumen

Abstract

1. Introducción	1
2. Marco Teórico.....	3
2.1. Comunidades marinas del Mediterráneo Occidental.....	3
2.1.1. Comunidad de algas esciáfilas en ambiente calmo (precoralígeno)	3
2.1.2. Unidades de coralígeno	4
2.2. Ecología de poblaciones de organismos modulares	5
2.3. Octocorales.	6
2.3.1. Orden Alcyonacea.	7
2.3.2. Taxonomía y biología de las especies.	7
2.4. Abundancia y distribución	11
3. Justificación.	12
4. Objetivos.....	12
4.1. General.....	12
4.2. Específicos	13
5. Área de Estudio.	13
5.1. Localización.....	13
6. Metodología.....	14
6.1. Presencia y densidad de las especies	15
6.2. Gradiente de distribución.....	16
7. Resultados y discusión.	16
8. Conclusiones.	21
9. Recomendaciones.	22
10. Agradecimientos.....	22
11. Referencias.	23

Lista de Tabla

Tabla 1. Información geográfica y profundidad de los puntos monitoreados..... 14

Tabla 2. Densidad de *Eunicella singularis* en el sector sur del Golfo de Valencia..... 19

Lista de Figuras

Figura 1. Morfología de lo Octocorales. A) Diagrama de una colonia, B) Corte transversal de una rama y C) Esquema de un pólipos (Modificado de Humann, 1994). 7

Figura 2. Área de estudio, localización y selección de los ocho puntos dentro de las comunidades de algas esciáfilas infralitorales en régimen calmo con y sin facies de gorgonarios..... 14

Figura 3. Presencia de *Eunicella singularis* en los punto cinco (A), seis (B) y ocho (C).... 17

Figura 4. Pocas pendientes elevadas e iluminación intensa en lo puntos cinco (A) seis (B). 18

Figura 5. Colonias de *Eunicella singulares* epifitadas por algas en los puntos cinco (A), seis (B y C) y ocho (D)..... 19

Resumen

El papel ecológico de las gorgonias en los fondos rocosos marinos se reconoce en todo el mundo, pero la información sobre su abundancia y distribución en los fondos de algas esciáfilas en el sector sur del Golfo de Valencia es escasa. Para superar esta falta de información, fue determinada la abundancia (utilizando el método del vecino más cercano) y distribución bajo un gradiente de profundidad de las gorgonias *Eunicella singularis*, *Paramuricea clavata* y *Leptogorgia sarmentosa* en ocho puntos localizados sobre estos fondos. *E. singularis* fue la única especie identificada, específicamente en los puntos uno, cinco, seis y ocho con densidades bajas (1,3 Ind/ha en los puntos uno y cinco, $160 \pm 0,0003$ Ind/ha punto seis y $160 \pm 0,002$ Ind/ha en el punto ocho), lo que está determinado por el dominio que ejercen las algas en aguas someras y por el aumento de la temperatura del agua superficial que afecta directamente el tejido, así como el desarrollo de embriones y larvas. Finalmente, la profundidad moldea la distribución de *E. singularis*. Factores abióticos como la intensidad lumínica y las corrientes cambian con el aumento de la profundidad, afectando de forma diferente las colonias que se encuentran en aguas someras y profundas.

Palabras claves: Parámetros poblacionales, gorgonias, profundidad, algas, temperatura

Abstract

The ecological role of gorgonian in marine rocky bottoms is worldwide recognized, but information on their abundance and distribution on sciaphilic algae funds in Valencia gulf southern sector is limited. To overcome this lack of information, it was given the abundance (using the nearest neighbor method) and distribution under a depth gradient *Eunicella singularis*, *Paramuricea clavata* and *Leptogorgia sarmentosa* gorgonian at eight points located on these funds. *E. singularis* was the only identified species, specifically at points one, five, six and eight with low densities (1,3 Ind/ha at points one and five, $160 \pm 0,0003$ Ind/ha at point six and $160 \pm 0,002$ Ind/ha at point eight), it is determined by algae dominance in shallow waters and by increased surface water temperature directly affects the tissue as well as the development of embryos and larvae. Finally, the molded depth *E. singularis*

distribution. Abiotic factors such as light intensity and currents change with depth increasing, differently affecting the colonies that are in shallow and deep waters.

Key words: Poblational parameters, gorgonian, depth, algae, temperature

1. Introducción

El aumento de perturbaciones antrópicas como anclaje de barcos, la pesca de arrastre, el buceo y el calentamiento global, y junto con eventos naturales como temporales, mareas competencia interespecífica y mortalidades, han provocado la pérdida de biodiversidad de organismos sésiles y por ende cambios en el funcionamiento de una amplia gama de ecosistemas marinos (Vitousek *et al.*, 1997, Roberts y Hawkins 1999, Linares *et al.*, 2005). Especies de crecimiento lento, larga vida, madurez tardía y baja fecundidad son especialmente sensibles a las fuertes perturbaciones (Musick, 1999) y cuya presencia es fundamental para el mantenimiento de las comunidades en las que se desarrollan (Jones *et al.*, 1994, Linares *et al.*, 2008a).

En los hábitats marinos de clima templado, las gorgonias (Octocorallia: Alcyonacea) son taxones ingenieras, modulares y coloniales, caracterizadas por presentar un crecimiento lento y una vida larga (Linares *et al.*, 2008a). Su estructura tridimensional puede modificar el hábitat físico, reduciendo la velocidad de la corriente, estabilizando sustratos blandos, acumulando partículas finas y aumentando la disponibilidad de nichos (Idjadi y Edmunds, 2006, Norling y Kautske, 2007). Al mismo tiempo sobre estos organismos actúan factores ambientales como la temperatura del agua, intensidad de luz y disponibilidad de nutrientes, las cuales determinan tanto la ecología como la fisiología de estos organismos (Gili y Coma 1998, Gardner, 2000). Igualmente es importante comprender y diferenciar como en las zonas costeras, los factores ambientales cambian considerablemente con la profundidad (Rossi *et al.*, 2003).

Actualmente se están realizando esfuerzos para incrementar el conocimiento de la biología y ecología de las gorgonias en el Mediterráneo (Gori *et al.*, 2011b). Dentro de los trabajos realizados sobre la ecología poblacional, existen algunos que están direccionados a determinar parámetros demográficos como la densidad, patrones de distribución espacial y de clases de tamaño. Concretamente, Linares y colaboradores (2008) analizaron la distribución de clases de tamaño, la densidad y la perturbación de *Eunicella singularis* y *Paramuricea clavata* a lo largo de la costa española desde el Cabo de Gata hasta Port-Bou, determinado que *E. singularis* presenta una distribución amplia (distribución regular). Por el

contrario *P. clavata* exhibió una distribución restringida (distribución asimetría) indicando al parecer una baja tolerancia a condiciones ambientales. Respecto a la distribución de clases de tamaño existe una diferencia entre las especies, *E. singularis* presentó un mayor número de individuos en una etapa inicial (de 0 a 10cm) mientras que *P. clavata* mostró escasos de individuos en dicha etapa, lo que muestra diferencias en el reclutamiento y la supervivencia. Finalmente, *E. singularis* posee una mayor tolerancia a las perturbaciones porque presentó una menor extensión en las lesiones.

Unos años más adelante, Gori *et al.*, (2011a) buscaron encontrar diferencias en la distribución de tamaños y la distribución espacial entre poblaciones superficiales y profundas de *E. singularis* localizadas en la costa norte del Cabo de Creus (España) en el noroeste del mar Mediterráneo. Esta investigación encontró como *E. singularis* se encuentra en altas densidades a profundidades que van de 10 a 70 metros. Además las poblaciones que habitan lugares poco profundos están dominadas por pequeñas colonias no reproductivas, mientras que las poblaciones que se encuentran a mayores profundidades están constituidas principalmente por colonias de gran tamaño, formando grandes parches que cubre regiones extensas de sustrato.

Muy relacionado con la investigación anteriormente descrita, Gori y colaboradores en el mismo año (2011b), cuantificaron en la región noroeste del mar Mediterráneo Occidental, al sur del Golfo de León desde el cabo de Creus hasta la frontera con Francia la presencia, abundancia y patrones de distribución espacial de la *Eunicella singularis*, *Paramuricea clavata* y *Leptogorgia sarmentosa*. Como resultado de la investigación, *E. singularis* y *P. clavata* presentaron las mayores abundancias, además se encontraron en áreas expuestas a corrientes fuertes y cercanas al fondo. Entre las especies, *E. singularis* fue la más común y abundante, mostrando una distribución amplia y regular, por el contrario, *P. clavata*, mostró una distribución muy irregular asociada a las paredes rocosas. Sólo fueron observadas colonias aisladas de *L. sarmentosa*. Por último, fueron identificados puntos donde la abundancia de *E. singularis* y *P. clavata* era significativamente alta, estos puntos están localizados a una profundidad de 40 metros.

Las investigaciones anteriormente descritas están más direccionados al estudio de poblaciones de gorgonias que se encuentran en aguas profundas (concretamente lugares con un amplio rango batimétrico que va desde 0 a 70 m de profundidad). En contraste, Cúrdia *et al.*, (2013) realizaron una investigación de gorgonias pero en fondos someros (0-

30 metros de profundidad) en la costa de Algarve (Portugal), cuantificaron la presencia y abundancia de gorgonias y evaluaron la relación entre la distribución y la competencia con algas y esponjas por recurso (espacio y alimento). Los datos registrados permitieron determinar que *Eunicella labiata*, *Eunicella gazella*, *Eunicella verrucosa* y *Leptogorgia sarmentosa* son abundantes y frecuentes en toda la zona estudiada, mientras que *Leptogorgia lusitánica* fue la menos abundante. En general, las especies evidenciaron un patrón similar en profundidad, es decir que su abundancia aumentó con la profundidad especialmente por debajo de los 15 m. En las aguas poco profundas (hasta 15 m) la distribución está limitada por factores abióticos y por la competencia con las algas.

El conocimiento de características demográficas representa un paso importante que permite desarrollar planes de conservación fiables. La obtención de datos podrán establecer líneas que podrían determinar la magnitud e intensidad de las perturbaciones y el efecto que tiene sobre la estructura y dinámica de las poblaciones de gorgonias que habitan zonas poco o muy profundas (Fortin y Dale, 2005).

2. Marco Teórico

2.1. Comunidades marinas del Mediterráneo Occidental

Dentro el plan de ecocartografías del litoral español llevado a cabo por la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar, la UTE formada por las empresas HIDTMA e IBERINSA realizó entre los años 2006 y 2007 la ecocartografía de la provincias de Alicante y Valencia. En el sector sur del golfo de Valencia entre la biocenosis cartografiada se encuentran las comunidades de algas esciáfilas infralitoral en régimen calmo con y sin facies de gorgonias. En dicha comunidad así como en las unidades de coralígeno se ha evidenciado que existe interacción entre gorgonias y algas que determinan aspectos ecológicos y fisiológicos de ambos taxones (Gori *et al.*, 2011a, Gori *et al.*, 2011b, Cúrdia *et al.*, 2013).

2.1.1. Comunidad de algas esciáfilas en ambiente calmo (precoralígeno)

En los fondos rocoso infralitorales donde hay una baja iluminación por la protección, inclinación o profundidad, se desarrollan algas esciáfilas como clorofíceas *Halimeda tuna* y

Flabellia petiolata y/o rodófitas laminares como *Peyssonnelia squamaria*, *Peyssonnelia rosa-marina* y *Lithophyllum stictaeforme* (alga calcárea) (Templado *et al.*, 2012).

Respecto a la diversidad animal, la cual es muy elevada, se encuentran de manera abundante esponjas incrustantes (*Cliona viridis*, *Crambe crambe*, *Ircinia* spp.), hidroides (*Eudendrium racemosum*), actinarios (*Alicia mirabilis*, *Anemonia sulcata*), zoantarios (*Epizoanthus arenaceus*, *Parazoanthus axinellae*), gorgonias (*Eunicella singularis*), madreporarios (*Cladocora caespitosa*, *Caryophyllia inornata*, *Astroides calycularis*, *Polycyathus muelleriae*), briozoos (*Myriapora truncata*, *Pentapora fascialis*), y ascidias (*Diplosoma* spp., *Microcosmus sabatieri*, *Halocynthia papillosa*, *Phallusia fumigata* y *Clavelina dellavallei*). Además entre los organismos móviles existen números poliquetos, gasterópodos, bivalvos, crustáceos, erizos y peces (Templado *et al.*, 2012).

2.1.2. Unidades de coralígeno

Las comunidades de coralígeno junto con las praderas de *Posidonia oceanica* son los ecosistemas con mayor diversidad en el Mediterráneo por la complejidad estructural que presentan (Boudouresque, 2004, Ballesteros, 2006). El coralígeno está formado por el crecimiento de algas calcáreas en capas que se encuentran fijadas sobre el sustrato bajo poca luminosidad y con aguas relativamente tranquilas (Ballesteros, 2003, 2006). Esta biocenosis puede desarrollarse en zonas del circalitoral, aunque también en la zona infralitoral (Ballesteros, 2003). Existen dos tipos de coralígenos, el de borde, el cual se desarrolla a una profundidad inferior al inicio del piso circalitoral (Cognetti *et al.*, 2001) y el de plataforma característico del Mediterráneo son formaciones que prosperan sobre fondos blandos a profundidades mayores a 50 metros hasta los 140 metros (Peres y Picard, 1964, Cognetti *et al.*, 2011).

Entre los distintos grupos de organismos que constituyen la diversidad del coralígeno (algas, poríferos, cnidarios, moluscos, anélidos, artrópodos, briozoos, equinodermos, ascidias y peces) los octocorales son especialmente significativos por su forma de crecimiento tridimensional, la cual aumentan la heterogeneidad espacial y ecológica, proporcionando nichos para numerosas especies asociadas (Gerhardt, 1990, Linares *et al.*, 2008b, Gori *et al.*, 2011a y 2011b).

Además de ser especies ingenieras, las poblaciones de gorgonias por sus características intrínsecas son sensibles a las variaciones ambientales locales, regionales y globales y por

eso han sufrido importantes mortalidades (Arismendi-Mejía *et al.*, 2015). Mortalidades masivas durante los últimos 15 años en el Mediterráneo han afectado a varias especies de gorgonias (Coman *et al.*, 2006, Garrabou *et al.*, 2009). En el verano de 1999 fue registrada una tasa de mortalidad del 50% de *Eunicella singularis* en el norte de Menorca (Coma *et al.*, 2006), en la misma estación pero en el 2003 en la costa catalana y en Baleares fue registrado un 15% de necrosis en las colonias de *Paramuricea clavata* como resultado del aumento de la temperatura.

2.2. Ecología de poblaciones de organismos modulares

Los corales y por ende los octocorales son organismos modulares, es decir son un conjunto de módulos repetidos, derivados asexualmente por crecimiento vegetativo que pueden variar tanto funcional como morfológicamente (Hall y Hughes, 1996). Específicamente los octocorales presentan el pólipo como un tipo de modulo, estos poseen sus propias tasas de natalidad, mortalidad y crecimiento (Smith y Smit, 2001). La reproducción es también un factor que permite diferenciar entre organismos modular y unitario, en la cual existe una variación tanto en el tamaño como la edad de madurez sexual, el número de progenie por cada evento reproductivo y la proporción de sexos (Hall y Hughes, 1996). En cuanto a la supervivencia y el crecimiento, los módulos pueden sobrevivir en pequeños grupos cuando están aislados del resto de la colonia, después de desarrollarse, los módulos crecen hasta que alcanzan un tamaño máximo característico de cada especie (Hughes 1998).

La gran mayoría de organismos modulares se reproducen sexual o asexualmente. Respecto a la reproducción sexual, existen dos maneras de llevar a cabo la fecundación. La primera es la fecundación externa, realizada por especies liberadoras de gametos en la columna de agua y la segunda ocurre cuando la fecundación se realiza en el interior del pólipo y la hacen especies denominadas incubadoras de larvas (Richmond y Hunter, 1990, Mumby y Dytham, 2006). Inmediatamente a la fertilización, se forman las larvas denominadas plánulas, estas al establecerse en un sustrato secretan un exoesqueleto de carbonato de calcio convirtiéndose en reclutas que van a dar lugar a una colonia (Alvarado *et al.*, 2004). En cuanto a la reproducción asexual, el pólipo se divide en dos, se puede fragmentarse o fisiónar dependiendo si son ramificados o masivos, esas partes desprendidas pueden fijarse al sustrato y formar una nueva colonia independiente y genéticamente idéntica a la madre, dichas colonias son conocidas como ramets o clones (Bak y Meestrer, 1998, Smith y Smith, 2001). Por último, la dispersión, asentamiento y

reclutamiento son factores importantes en la dinámica de las poblaciones de las especies de octocorales, el reclutamiento concretamente puede determinar los patrones de distribución de los nuevos individuos (Edmunds, 2000, Baird *et al.*, 2003).

2.3. Octocorales.

Los octocorales también llamados gorgonáceos o gorgonias además de ser organismos modulares son cnidarios sésiles coloniales representados por más de 3000 especies aproximadamente, incluyendo los corales blandos (orden Alcyonacea), los abanicos de mar y las plumas de mar (orden Penatulacea) (William y Cirns, 2005). Dependiendo de la especie pueden estar constituidos por cientos o miles de individuos modulares (pólipos) (Zea, 1993, Sánchez, 1998).

Los gorgonáceos se nutren de plancton y partículas que capturan con los tentáculos que posee cada pólipo. Los tentáculos son pinnados (ramificaciones laterales a manera de plumas) y en múltiplos de ocho (**Figura 1**). Los pólipos de octocorales como característica distintiva presentan siempre ocho mesenterios completos a cada lado de la bases de los tentáculos y solo está presente un sifonoglifo (Barnes, 1989). Una gran parte de la nutrición puede provenir del transporte activo de nutrientes disueltos a través de la epidermis y de la producción fotosintética de las zooxantelas asociadas al pólipo (Barnes, 1989, Santos y Coffroth, 2003).

Estos organismos se encuentran en todos los mares, desde el polo Norte hasta el polo Sur, crecen y se reproducen bajo condiciones ambientales muy diferentes. Es así como, se encuentran desde las aguas someras y cálidas hasta agua oceánicas frías y profundas (Fabricius y Alderslade, 2011). Presentan una diversidad de tamaño y formas de crecimiento (incrustantes, masiva, arborescente y forma de látigo) relacionada con las condiciones ambientales en las que habitan, como por ejemplo la disponibilidad de luz y/o la exposición al oleaje. También, se desarrollan sobre fondos rocosos y arenosos (Fabricius y Alderslade, 2011).

Por su crecimiento tridimensional (ramificado) la gran mayoría de octocorales contribuyen de manera significativa a formar ambientes complejos, generando hábitat y por lo tanto incrementado la biodiversidad del sistema (Murray *et al.*, 2006). Al ser organismos sésiles de gran tamaño sirven de refugio a una gran cantidad de especies pequeñas, además

constituyen una fuente de alimento para algunas especies de moluscos gasterópodos, funciones que pueden desempeñar aun estando muertos (Freiwal *et al.*, 2004).

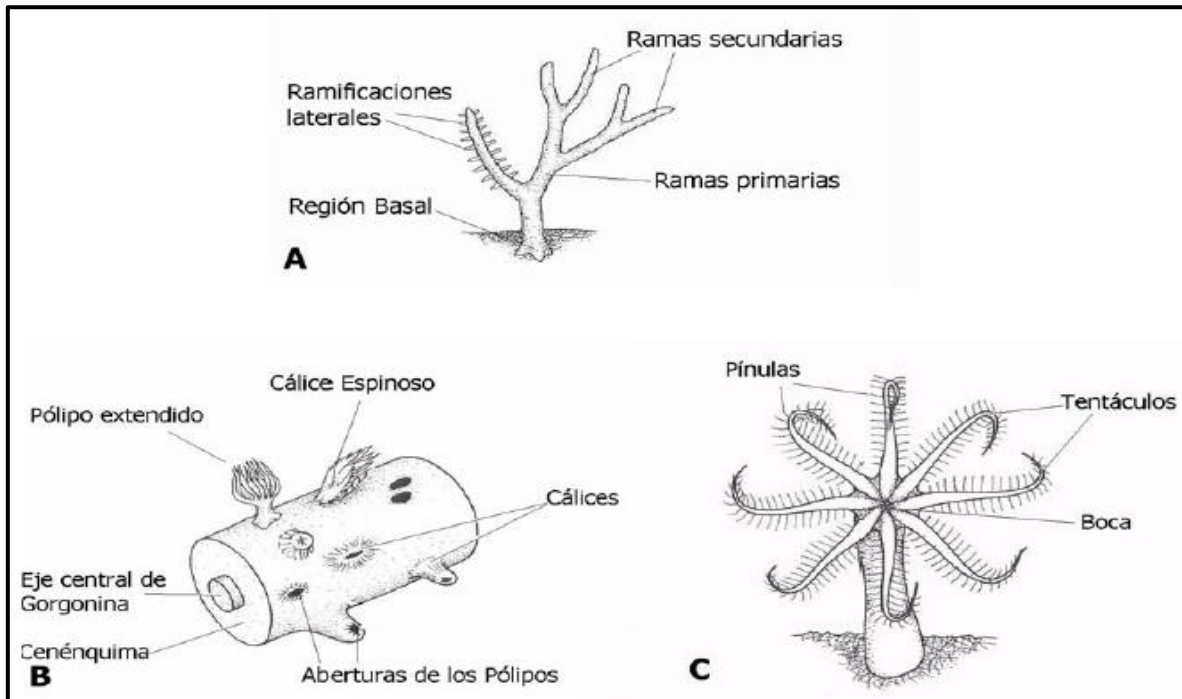


Figura 1. Morfología de lo Octocorales. A) Diagrama de una colonia, B) Corte transversal de una rama y C) Esquema de un pólipo (Modificado de Humann, 1994).

2.3.1. Orden Alcyonacea.

Las tres especies objeto de estudio hacen parte del orden Alcyonacea. Este incluye 30 familias de corales blandos (octocorales sin un eje esquelético de soporte) y gorgonias (octocorales con un eje de soporte esquelético de gorgonina y/o calcita) (Bayer, 1981). Los organismos que pertenecen a este orden se encuentran en todos los océanos del mundo (Daly *et al.*, 2007). Se caracterizan por presentar pólipos con cortas cavidades gástricas uniformes, una estructura axial de alguna forma siempre presente, un denso eje central ya sea calcáreo o corneo y una zona modular de escleritos (Bayer, 1961)

2.3.2. Taxonomía y biología de las especies.

Eunicella singularis

Reino: Animalia

Phylum: Cnidaria

Clase: Athozoa

Subclase: Octocarallia

Orden Alcyonacea

Suborden: Holaxonia

Familia: Gorgoniidae

Género: Eunicella

Especie: *Eunicella singularis* (Esper, 1971)

Eunicella singularis también conocida como gorgonia blanca se encuentra en el oeste del Mar Mediterráneo y el Mar Adriático a profundidades de 10 a 70 metros. Suele habitar sustratos duros o fondos blandos poco iluminados (Gori *et al.*, 2011a). Crece hasta una altura de unos 70 cm. Posee una estructura ramificada, con una base relativamente ancha anclada al sustrato, con ramas casi verticales y unas pocas ramas laterales. La superficie de las ramas es suave. Su coloración es generalmente blanca, los pólipos pueden ser translucidos y no tener zooxantelas cuando el organismo se encuentra por debajo de los 40 metros de profundidad o pueden presentar un color marrón amarillento o verde oliva si el organismo tiene zooxantelas y se encuentra a poca profundidad (Gori *et al.*, 2011a).

Esta especie posee una alimentación de tipo pasivo, el organismo crece perpendicular a las corrientes capturando con los tentáculos que poseen los pólipos organismos planctónicos y partículas orgánicas. Los organismos que poseen zooxantelas adicionalmente se alimentan de azúcares producidos por estos dinoflagelados (Ezzat *et al.*, 2013).

En cuanto a la reproducción, *Eunicella singularis* es una especie gonocórica (sexos separados). La reproducción sexual ocurre cuando el esperma es liberado por la colonia macho a la columna de agua, posteriormente, el esperma transportado por la columna de agua fertiliza el oocito que está dentro de la colonia femenina. Las larvas poseen un color rosa y contienen zooxantelas. Luego de haber colonizado una parte del sustrato, la larva realiza la metamorfosis a pólipo en cuatro días, posteriormente el pólipo se reproduce

asexualmente por gemación dando origen a la colonia (Weinberg y Weinber, 1979, Ribes *et al.*, 2013).

Paramuricea clavata

Reino: Animalia

Phylum: Cnidaria

Clase: Athozoa

Subclase: Octocarallia

Orden Alcyonacea

Suborden: Holaxonia

Familia: Plexaurida

Género: *Paramuricea*

Especie: *Paramuricea clavata* (Risso, 1826)

Conocida como gorgonia roja, esta especie tiene una estructura ramificada en forma de abanico y crece en un solo plano. El tallo y las ramas están compuestos por gorgonina, una proteína compleja que produce es esqueleto corneo. Esta sustancia es equivalente a los cristales de aragonita, de carbonato de calcio utilizados por los escleractinios o corales duros para construir sus colonias (Marshall y Williams, 1985). Poseen pólipos grandes de 10 mm de alto y la colonia puede tener un metro de altura por otro de ancho Marshall y Williams, 1985).

Paramuricea clavata es nativa de las costas de España y Portugal en el este del océano Atlántico y al oeste del mar Mediterráneo (Van Ofwegen, 2014). Puede desarrollarse a profundidades entre los 10 y 100 metros, pero por lo general entre los 15 y 40 metros (Weinber, 1991). Es considerada como un taxón ingeniero del ecosistema porque puede alterar el flujo del agua, cambiar las tasas de sedimentación y alterar la distribución de nutrientes, afectando a muchos organismos que habitan cerca a sus proximidades (Jones, *et al.*, 1994).

En cuanto a su biología y reproducción, la gorgonia roja es un organismo filtrador cuya dieta es heterogénea, concretamente captura con sus tentáculos copépodos, diatomeas, dinoflagelados, ciliados y partículas de carbón orgánico que se encuentran suspendidas en la columna de agua (Ribes *et al.*, 1999). Respecto a la reproducción, la gorgonia es gonocórica, se reproduce sexualmente, la fertilización e incubación de las larvas ocurre en la superficie de las colonias hembra. Las larvas una vez expulsadas tienen un comportamiento fotofóbico y rápidamente caen al fondo, una vez colonizado una parte del sustrato la larva evoluciona y se convierte en pólipo y comienza a secretar gorgonina para construir el esqueleto de la colonia, rápidamente corre la reproducción asexual por gemación para formar la colonia (Ribels *et al.*, 1995).

Leptogorgia sarmentosa

Reino: Animalia

Phylum: Cnidaria

Clase: Athozoa

Subclase: Octocarallia

Orden Alcyonacea

Suborden: Holaxonia

Familia: Gorgoniidae

Género: *Leptogorgia*

Especie: *Leptogorgia sarmentosa* (Esper, 1789)

Leptogorgia sarmentosa presenta una estructura ramificada, en forma de árbol que puede alcanzar una altura de 70 cm. Las ramas salen del tallo principal en diferentes direcciones. La parte terminal de las ramas son muy delgadas, rectas o ligeramente caídas. La coenenquima (tejido esquelético depositado fuera de la pared del coralite) por lo general presenta un color naranja pero puede ser amarillo, blanco, rojo o púrpura. Los pólipos son pequeños de aproximadamente 1 a 1,5 mm y están dispuestos al azar (Dumas *et al.*, **En Doris** 2014)

Esta especie se encuentra a lo largo de la costa Atlántica de Europa y África, entre el Cantábrico y el golfo de Guinea y en la parte occidental del mar Mediterráneo y el mar Adriático (Vafidis, 2009). Presenta una rango de profundidad que va desde 10 metros hasta 300 metros y generalmente crece sobre lecho rocoso cubierto por sedimentos, se encuentra en zonas que presentan un fuerte movimiento de las aguas (Vafidis, 2009).

Respecto a su biología, los pólipos extienden sus tentáculos para filtrar las partículas que se encuentran en el agua. La dieta está compuesta por dinoflagelados, diatomeas y ciliados, así como por partículas de detritus (Vafidis, 2009). Es una especie gonocórica, se reproducen sexualmente, la colonia macho libera el esperma a la columna de agua, la fecundación ocurre en el interior de las colonias femeninas. Los embriones se desarrollan en las cavidades gástricas de los pólipos y luego son liberados al mar en forma de larvas (también conocidas como plánulas), una vez asentada la larva sobre el sustrato la plánula sufre un proceso de metamorfosis y se convierte en pólipo prontamente se reproduce asexualmente por gemación para formar la colonia. Las ramas tiene un crecimiento de 2 a 5 cm por año (Dumas *et al.*, **En** Doris 2014).

Por último, ninguna de las tres especies de gorgonias aparecen en los listados de los catálogos de la UICN, CITES o en el catálogo español de especies amenazadas.

2.4. Abundancia y distribución

La interacción entre factores bióticos y abióticos influye sobre la distribución de organismos modulares. Los cambios de temperatura afectan la supervivencia, reproducción y desarrollo de los organismos, limitando la distribución (Begon *et al.*, 1996). De Igual forma, la competencia entre organismos por recursos también afecta distribución local, ya que algunas especies son capaces de producir y secretar sustancias que pueden inhibir el crecimiento de otras especies (Babcock, 1991).

La distribución espacial de organismos como los octocorales puede presentar una zonificación en función a la profundidad del agua, la acción del oleaje y la disposición de luz (Linares *et al.*, 2008b, Gori *et al.*, 2011a y 2011b). Ciertas especies o asociaciones entre especies pueden ser dominantes, pero algunas especies pueden ser comunes a lo largo de varias zonas (Lewis, 1974, Linares *et al.*, 2008b, Gori *et al.*, 2011a y 2011b). Zonas que parecen ser homogéneas ambientalmente está constituida por especies que presentan una distribución agregada (Lewis, 1974). Dicha distribución puede tener una explicación por

cada especie, pero en general se debe a respuestas del crecimiento, capacidad de la larva para asentarse, mortalidad parcial y tasa de regeneración (Lewis, 1974).

La distribución de organismos en el espacio influye sobre la densidad. Los organismos pueden distribuirse de manera aleatoria, uniforme o agregada (Krebs, 1985). Los individuos se distribuyen aleatoriamente si la posición de cada uno de ellos es independiente de la ubicación de otros. Por su parte, un grupo de individuos se distribuye uniforme cuando los organismos están más o menos equidistantes unos de los otros, en esta distribución la competencia es activa. Por último, la distribución de tipo agregada es la más común, este agrupamiento resulta de la respuesta de los organismos a las diferencias en el hábitat, cambios climáticos y patrones reproductivos (Odum, 1972).

3. Justificación.

El papel ecológico de las gorgonias se reconoce en todo el mundo, pero la información sobre su presencia así como de parámetros estructurales de las poblaciones de gorgonias como la densidad y su distribución bajo un gradiente como la profundidad en aguas correspondientes a la zona infralitoral hasta los 40 metros de profundidad en el sector sur del golfo de Valencia es insuficiente. Por lo tanto, explicar dichos parámetros de las especies *Eunicella singularis*, *Paramuricea clavata* y *Leptogorgia sarmentosa* en relación con un gradiente de profundidad para esta región, permitirá comprender: la adaptabilidad de las especies a las condiciones locales y la influencia de las condiciones ambientales sobre su ecología y con esta información se podrán fundamentar y desarrollar planes que permitan conservar estas especies en el tiempo.

4. Objetivos.

4.1. General

Determinar la distribución y abundancia de las gorgonias *Eunicella singularis*, *Paramuricea clavata* y *Leptogorgia sarmentosa* en los fondos de bioconstrucciones del sector sur del Golfo de Valencia (Mediterráneo Occidental)

4.2. Específicos

- Comprobar la presencia de las gorgonias *Eunicella singularis*, *Paramuricea clavata* y *Leptogorgia sarmentosa* en los fondos de bioconstrucciones del sector sur del Golfo de Valencia (Mediterráneo Occidental).
- Estimar la densidad de las gorgonias *Eunicella singularis*, *Paramuricea clavata* y *Leptogorgia sarmentosa* en los fondos de bioconstrucciones del sector sur del Golfo de Valencia (Mediterráneo Occidental).
- Explicar si existe un gradiente de distribución respecto a la profundidad de las gorgonias *Eunicella singularis*, *Paramuricea clavata* y *Leptogorgia sarmentosa* en los fondos de bioconstrucciones del sector sur del Golfo de Valencia (Mediterráneo Occidental).

5. Área de Estudio.

5.1. Localización

El presente estudio se realizó en la franja infralitoral que se extiende desde Tabernes de la Valldigna hasta la playa de Gandía (provincia de Gandía). En este sector sur del Golfo de Valencia dominan las arenas infralitorales hasta los 40 metros de profundidad, siguiendo un gradiente batimétrico e hidrodinámico. Algunas zonas del sector se encuentra cubiertas por la fanerógama marina *Cymodocea nodosa* o por el alga *Caulerpa prolifera*, también hay tres enclaves de roca biogénica que emergen entre los fondos sedimentarios (La Vinyeta, La Pedra de Tavernes y Els Marranxons).

Entre la biocenosis cartografía para este sector por la UTE formada por las empresas HIDTMA e IBERINSA, fueron elegidos ocho puntos de monitoreo dentro de las comunidades de algas esciáfilas infralitorales en régimen calmo con y sin facies de gorgonarios, que se encuentran entre 3 y 39 metros de profundidad (**Figura 2**). Los puntos uno, dos (de menor profundidad 9m), tres y cuatro (de mayor profundidad 38m) fueron monitoreados el 21 de Julio de 2016, el quinto punto el 29 del mismo mes, el sexto punto el 18 de Agosto y los puntos siete y ocho el 24 de Agosto del mismo año (**Tabla 1**).

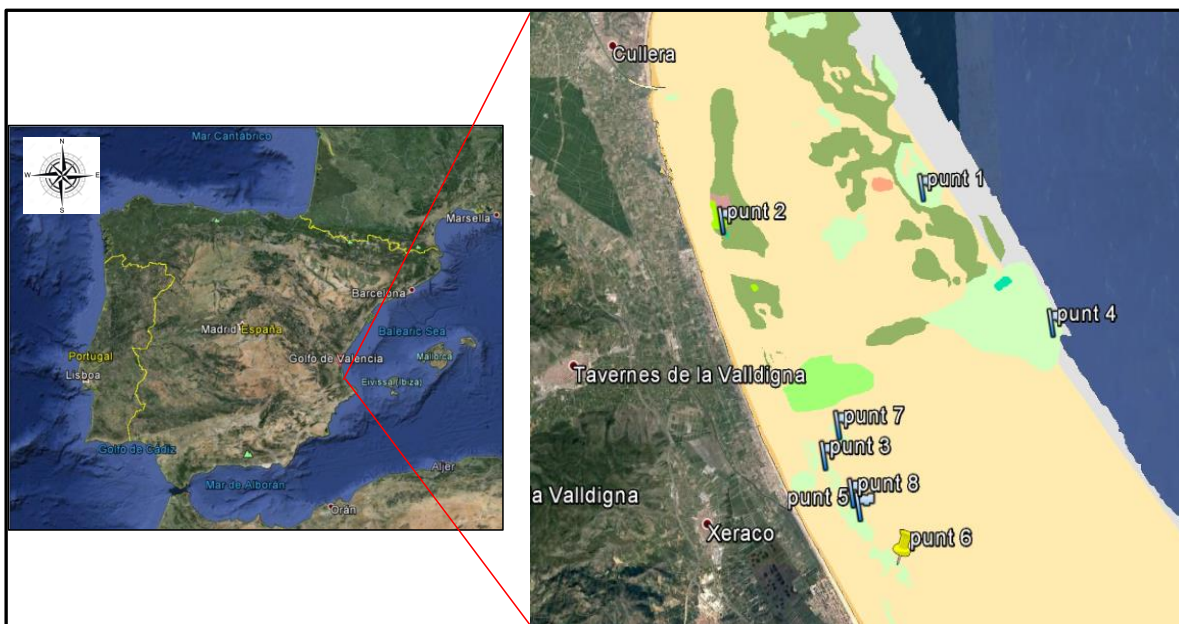


Figura 2. Área de estudio, localización y selección de los ocho puntos dentro de las comunidades de algas esciáfilas infralitorales en régimen calmo con y sin facies de gorgonarios.

Tabla 1. Información geográfica y profundidad de los puntos monitoreados.

Punto Monitoreo	Fecha de Muestreo	Coordenadas		Profundidad (m)
		Latitud	Longitud	
1	21 Julio 2016	39° 7' 5.00"N	0° 8' 9.00" O	27
2	21 Julio 2016	39°6'32.46"N	0°12'34.98"O	9
3	21 Julio 2016	39°2'48.00"N	0°10'25.00"O	14
4	21 Julio 2016	39°4'51.00"N	0°5'28.00" O	38
5	29 Julio 2016	39°2' 1.80"N	0°9'42.72" O	14.5
6	18 Agosto 2016	39°1'24.90"N	0°9'3.36" O	17
7	24 Agosto 2016	39°3'15.87"N	0°10'6.78" O	17
8	24 Agosto 2016	39°2'14.13"N	0°9'50.98" O	15

6. Metodología.

Para alcanzar el objetivo de esta investigación fue necesario un equipo de seis buceadores, una embarcación sumergida de 7,5 metros de eslora con un motor fueraborda de 200 hp. Además fue utilizado un sistema de circuito abierto con aire comprimido (ya sea con aire o con NITROX). Esta opción es pertinente para desarrollar trabajos científicos a menos de 45 metros de profundidad, porque es fácil de manejar y por la baja intensidad en el control el equipo durante la inmersión (Munro, 2005).

Este método de trabajo presentó las siguientes limitaciones: la primera corresponde al tiempo de trabajo, el cual depende de la profundidad alcanzada, la cantidad de aire

disponible y la velocidad con la que es utilizado el aire (antes y durante la inmersión, ascenso a la superficie y paradas de descompresión que garantizan la eliminación de microburbujas de nitrógeno) y la segunda fue la turbidez que limita la visibilidad de los investigadores.

6.1. Presencia y densidad de las especies

Para determinar la presencia de las especies, antes de las inmersiones en cada punto, el equipo de buceo en general fue entrenado para identificar las tres especies de gorgonias utilizando fotografías y artículos bibliográficos.

Para estimar la densidad (número de colonias por área) de *Eunicella singularis*, *Paramuricea clavata* y *Leptogorgia sarmentosa* se llevó a cabo en cada punto un censo aplicando el método del vecino más cercano (Krebs, 1989). El método inició localizando una colonia de la especie, luego se midió la distancia que existe entre esta y la siguiente colonia, a partir de la segunda colonia se buscó la siguiente colonia y se midió la distancia entre estas y así se repitió el proceso consecutivamente. Para calcular la densidad se empleó la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{n}{\pi \sum (X)^2}$$

donde:

ρ = Estimación de densidad de población

n = Tamaño de muestra

x = Distancia desde un organismo aleatorio al organismo más cercano.

Una vez calculada la densidad (ρ) para cada especie se calcula la varianza y el error estándar utilizando las siguientes fórmulas:

$$\hat{y} = \frac{1}{\rho}$$

$$\text{Varianza } (\hat{y}) = \frac{\hat{y}}{n}$$

$$\text{Error estándar } (\hat{y}) = \sqrt{\frac{\text{Varianza } (\hat{y})}{n}}$$

6.2. Gradiente de distribución

Para entender el gradiente de distribución de las tres especies de gorgonias respecto a la profundidad, fue necesario comparar la densidad y observaciones de las gorgonias en cada punto monitoreado con estudios previamente realizados en la zona del Mediterráneo Occidental y Oriental.

7. Resultados y discusión.

Presencia y densidad

Entre las especies objeto de estudio solo fue determinada la presencia de la *Eunicella singularis*, concretamente en los puntos uno, cinco, seis y ocho del sector sur del Golfo de Valencia (**Figura 3**). Este resultado era esperado, primero porque *E. singularis* es una especie que ha sido catalogada como dominante en las comunidades de coralígeno (Ballesteros 2006; Gori *et al.*, 2011a) por la amplia tolerancia que presenta a distintas condiciones ambientales como corrientes, tipo de sustrato e intensidad de luz (Gori *et al.*, 2011b) y segundo porque ha sido la especie reportada con mayor frecuencia en los estudios realizados respecto a la abundancia y distribución de gorgonias a lo largo del Mediterráneo (Cúrdia *et al.*, 2013). En constaste, no fueron identificadas en ninguno de los puntos *Paramuricea clavata* y *Leptogorgia sarmentosa*. La ausencia de *P. clavata* podría estar determinada por el tipo de sustrato, ya que estas especies se desarrollan principalmente sobre paredes verticales de sustratos duros con una baja intensidad lumínica (Carpine y Grasshoff 1975, Linares *et al.* 2008a) y como se observa en la **Figura 4**, no había mucho sustrato duro pendientes marcadas y con poco intensidad lumínica. Respecto a *L. sarmentosa*, esta especie se encontraba hace unos años en el sector sur del Golfo de Valencia (Rodilla, comunicación personal), su desaparición en el sector podría estar relacionada con la baja tolerancia que presenta a cambios ambientales (aumento de la temperatura del agua y alta intensidad lumínica) (Gori *et al.*, 2011b)

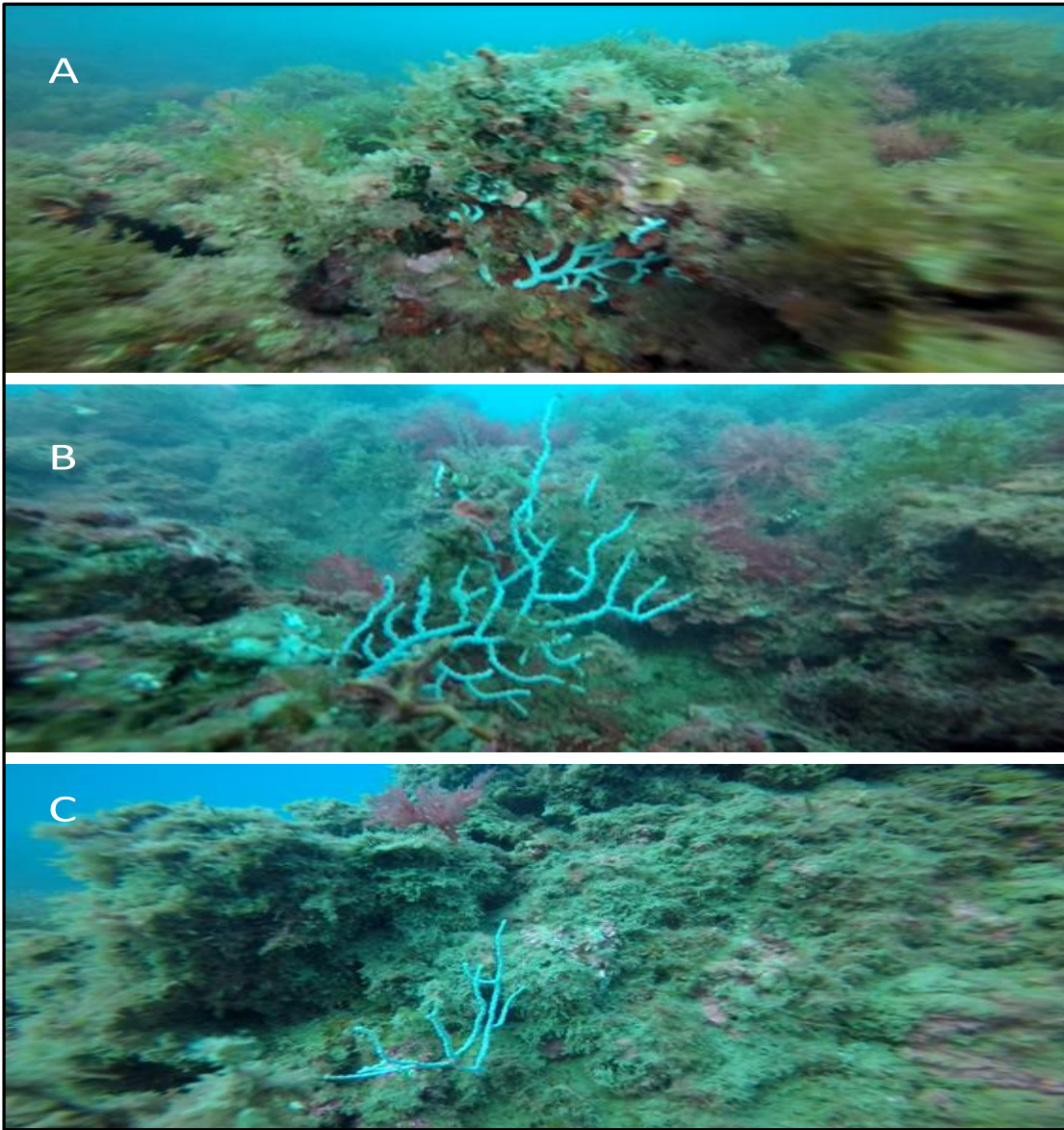


Figura 3. Presencia de *Eunicella singularis* en los punto cinco (A), seis (B) y ocho (C)

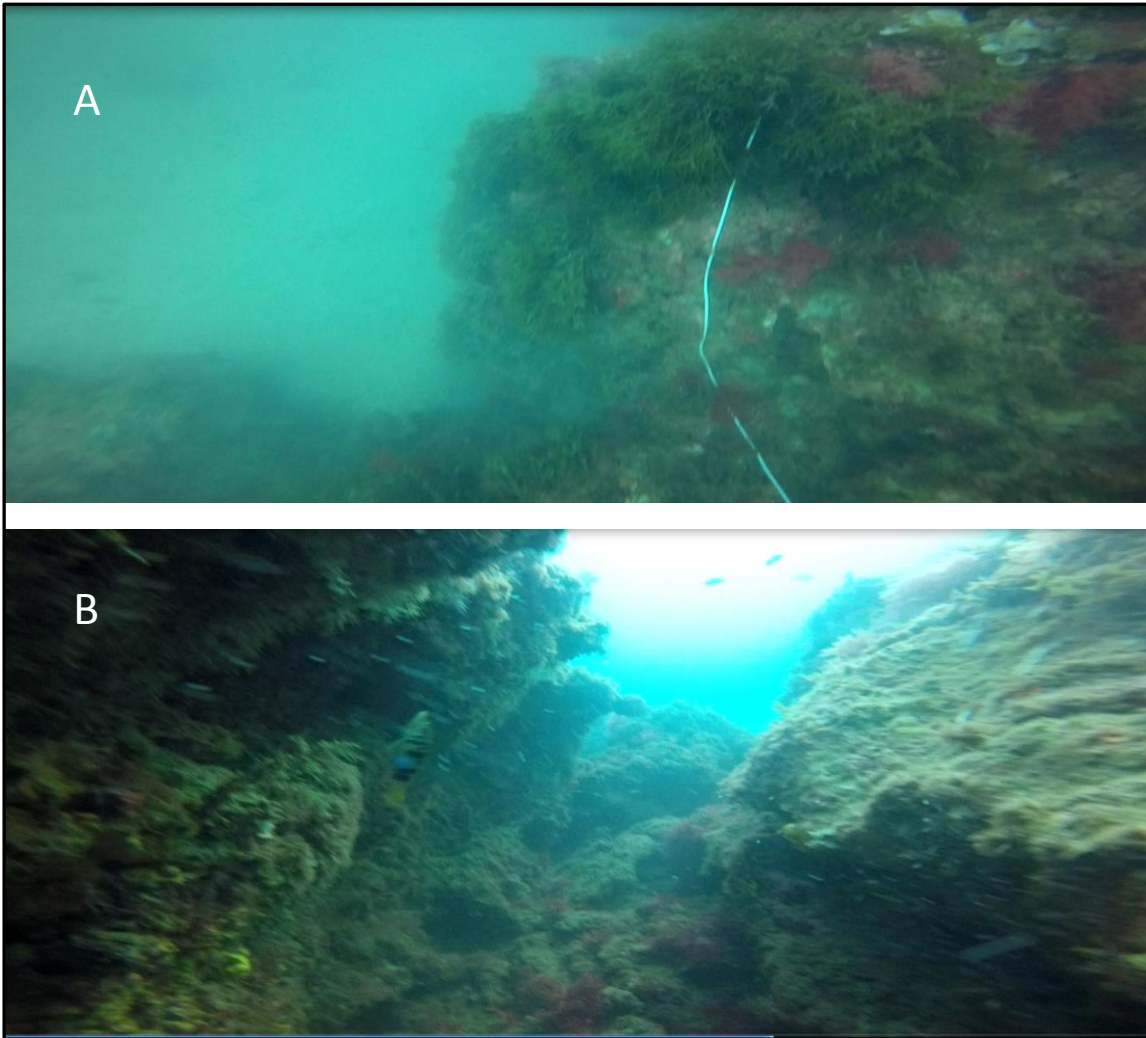


Figura 4. Pocas pendientes elevadas e iluminación intensa en lo puntos cinco (A) seis (B).

Un total de 24 colonias fueron registradas entre los puntos uno, cinco, seis y ocho. La densidad de la gorgonia blanca (*E. singularis*) de manera general fue baja y vario entre los cuatro puntos donde fue registrada. La mayor densidad fue registrada en el punto seis ($160 \pm 0,0003$ Ind/ha) (**Tabla 2**). Estos puntos abarcan una profundidad relativamente baja que va desde 14,5 metros hasta 27 metros. La baja densidad puede explicarse por la interacción que tiene la gorgonia especialmente con las algas. Las algas dominan la biocenosis ubicada a poca profundidad, pero su abundancia disminuye rápidamente cuando se reduce la intensidad de luz. Al mismo tiempo la abundancia de las gorgonias comienza a aumentar, es decir que la abundancia de las algas esta correlacionada inversamente con la abundancia de las gorgonias (Cúrdia *et al.*, 2012). De hecho, los antozoos son incapaces de competir con las algas donde la intensidad de la luz es alta (Zabala y Ballesteros 1989; Gili *et al.*, 1989). Como muestra la **Figura 5**, la mayoría de las colonias registradas se

encuentran epifitadas por las distintas algas al punto que son casi son sofocadas. Este crecimiento sobre las colonias está dado por la alta intensidad intensidad lumínica en estos fondos lo que favorece el crecimiento algal (Cúrdia *et al.*, 2012).

Tabla 2. Densidad de *Eunicella singularis* en el sector sur del Golfo de Valencia.

Punto de Monitoreo	Profundidad (m)	Número de Colonias	Densidad \pm SEM (Ind/ha)
1	27	1	1,3
2	9	0	---
3	14	0	---
4	38	0	---
5	14,5	1	1,3
6	17	19	160 \pm 0,0003
7	17	0	---
8	15	3	160 \pm 0,002

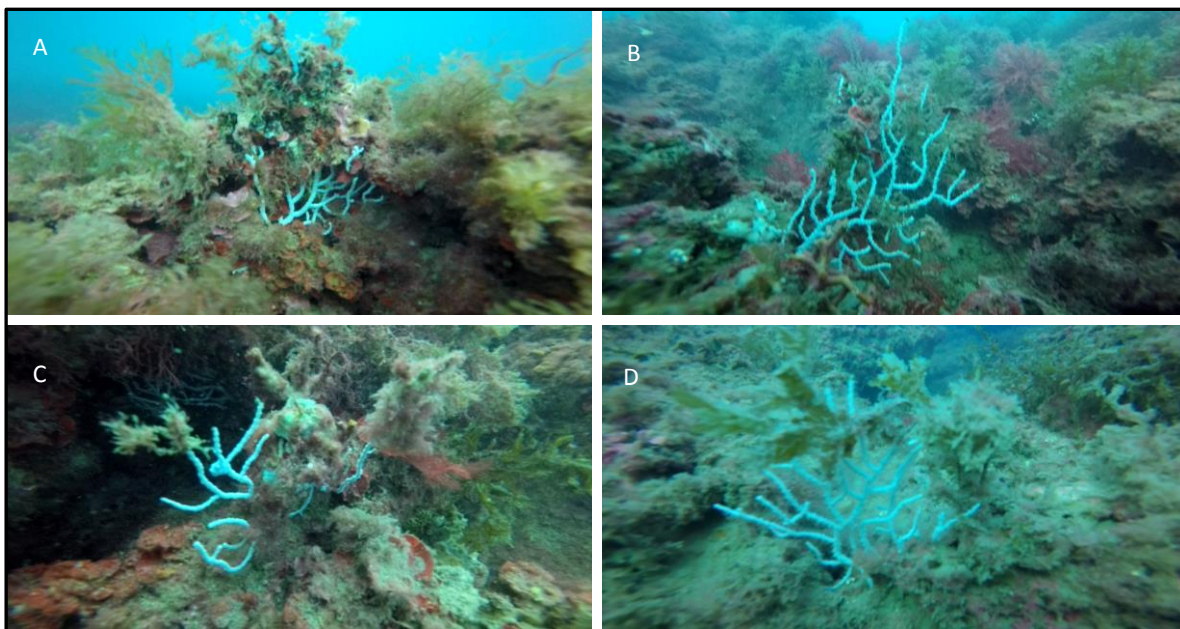


Figura 5. Colonias de *Eunicella singulares* epifitadas por algas en los puntos cinco (A), seis (B y C) y ocho (D).

Otro factor que puede explicar la baja abundancia de *E singularis* así como la ausencia de *Paramuricea clavata* y *Leptogorgia sarmentosa* es el aumento de temperatura del agua. De forma general, la temperatura superficial del agua del Mediterráneo muestra tasas de calentamiento entre 0,2 y 0,7 década⁻¹, dependiendo de la zona, mientras que en profundidad la variación es menor (Kersting, 2016). El aumento de la temperatura tiene un efecto directo sobre las colonias generando principalmente necrosis, pero además hay un impacto sobre la reproducción y el desarrollo de embriones y larvas afectando la capacidad

de recuperación de las poblaciones (Kipson et al. 2012). Recordemos que estos organismos presentan una dinámica lenta y por lo tanto son altamente vulnerables a las perturbaciones (Linares *et al.*, 2008a). Las bajas tasas de crecimiento y reclutamiento no pueden compensar las altas mortandades (Kersting, 2016).

Gradiente de distribución

A partir de las colonias registradas en los puntos uno, cinco, seis y ocho y que se encuentran a diferentes profundidades (punto uno a 27m, punto cinco a 14,5m, punto seis a 17m y punto ocho a 15m) es posible inferir que *E. singularis* en este sector del Golfo de Valencia empieza a establecerse y desarrollarse a partir de los 14,5 m de profundidad. Esta profundidad podría representar un punto de inflexión para la gorgonia blanca. Asimismo, fue evidente que a una profundidad menor a 14,5 m no fueron registrados organismos concretamente en el punto dos que se encuentra a 9m, pero también es importante señalar que a una profundidad mayor a 30m tampoco fueron registradas colonias como en el punto cuatro que está a 38m. La ausencia de colonias en este punto está determinada por la escases de sustratos duros. Los sustratos observados están constituidos por pequeñas conchas y otros restos biogenos de pequeño tamaño que probablemente no permitan el asentamiento o tengan la suficiente estabilidad temporal para mantener las gorgonias

Eunicella singularis es un invertebrado marino sésiles y por ello su distribución está determinada por los efectos combinados entre la biología (Adjeroud 1997) y los factores ambientales como la profundidad (Lasker 1991; Weinbauer y Velimirov 1996; Cerrano et al. 2005) que pueden afectar la natalidad, el crecimiento y la mortalidad de la población. Desde la biología, la distribución de esta especie en aguas someras está determinada en cierta medida por la presencia de zooxantelas, las cuales permiten que los organismos se desarrolle bajo un alta intensidad lumínica compitiendo con las comunidades de algas (Weinberg 1976). Esta plasticidad fenotípica le otorga cierta ventaja sobre las otras especies de gorgonias.

En cuanto a los factores abióticos, estos cambian considerablemente con la profundidad en el mar Mediterráneo (Garrabou *et al.*, 2002), las poblaciones de gorgonias que se encuentran a diferentes profundidades están expuestas a diferentes condiciones ambientales. Hábitats poco profundos están sujetos a fuertes fuerzas hidrodinámicas (Hiscock 1983; Weinbauer y Velimirov 1996) pero sobre todo a corrientes bidireccionales (Riedl 1971), mientras que los habitas más profundos están afectados más por el

movimiento del agua unidireccional (Riedl 1971; Hiscock 1983) además no sufren daños causados por el fuerte oleaje (Bongaerts *et al.*, 2010). Además la intensidad de la luz disminuye exponencialmente con la profundidad (Masa *et al.*, 2007) favoreciendo el desarrollo de las gorgonias sobre las algas.

8. Conclusiones.

- En los fondos de bioconstrucciones del sector sur del Golfo de Valencia (Mediterráneo Occidental) solo fue registrada la gorgonia *Eunicella singularis*. Entre las gorgonias esta especie ha sido registrada como común en el Mediterráneo. Además es una especie que presenta una amplia tolerancia a diferentes condiciones ambientales como el sustrato y la intensidad lumínica.
- La ausencia de las gorgonias *Paramuricea clavata* y *Leptogorgia sarmentosa* en los fondos de bioconstrucciones del sector sur del Golfo de Valencia (Mediterráneo Occidental), está determinada por la intensidad lumínica y por el sustrato observado en los diferentes puntos que está compuesto por pequeñas conchas y otros restos biogénicos no proporcionan una estabilidad para las gorgonias.
- La densidad de *Eunicella singularis* en el sector sur del Golfo de Valencia fue baja, por la fuerte competencia que ejercen las algas ya que están mejor adaptadas a alta intensidad de luz y por el aumento de la temperatura superficial que genera necrosis y afecta la reproducción y desarrollo embrionario y larval de la especie y el por sustrato presente en esta área.
- La distribución de *Eunicella singularis* en función de la profundidad para el sector sur del Golfo de Valencia no fue tan clara como la descrita en otros estudios en el Mediterráneo. Fueron registradas colonias desde los 14,5 m hasta 27m de profundidad, permitiendo determinar que hay poco asentamiento y desarrollo de colonias a poca profundidad.
- Las colonias de *E. singularis* que se encuentran a poca profundidad presentan zooxantelas, están sujetas a una alta intensidad lumínica, aumento de temperatura y a fuertes fuerzas hidrodinámicas lo que modela su distribución.

9. Recomendaciones.

- Para comprender mejor la estructura y dinámica poblacional de las gorgonias en los fondos de bioconstrucciones de algas esciáfilas en el sector sur del Golfo de Valencia se debería hacer un monitoreo anual durante un periodo de 10 a 20 años. Se sugiere este periodo de tiempo por el crecimiento lento que estos organismos presentan.
- Realizar estudios que permitan comparar la abundancia y distribución de gorgonias a profundidades superiores a 50 metros, para determinar la distribución de estos organismos tanto en aguas someras como profundas para el sector sur del Golfo de Valencia.
- Proponer y desarrollar un sistema de monitoreo para las gorgonias en el golfo de Valencia dada la importancia ecológica que estos organismos poseen. Así mismo, corroborar la biocenosis cartografiada por la UTE (formada por las empresas HIDTMA e IBERINSA).
- Para evaluaciones futuras, es recomendable utilizar otras mezclas de aire que garanticen un mayor tiempo de inmersión, para así incrementar el tiempo de muestreo. Así como la utilización de vehículos operados a distancia (ROV).

10. Agradecimientos.

Este trabajo no hubiese sido posible sin el apoyo incondicional de mis padres y hermana, así como el de Claudia que día a día me alentaron. Para ellos mi eterna gratitud y cariño.

También agradezco a Miguel Rodilla por haberme dado la oportunidad de trabajar otra vez en un tema relacionada con el mar que tanto me apasiona.

Muchas gracias a mis compañeras Ana, Bárbara, Elena, Blanca, por su colaboración en la toma de datos y a Ainara por brindarme una amistad. Así como a Sara, Antonia, Tony y David por las experiencias vividas durante este maravilloso curso realizado.

11. Referencias.

- Adjeroud, M. (1997). Factors influencing spatial patterns on coral reefs around Moorea, French Polynesia. *Mar Ecol Prog Ser* 159:105–119
- Alvarado, E. (2004). Estado Actual de las Poblaciones de Algunas Especies de Coral en el Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo: *Montastraea annularis*, *Mussa angulosa* y *Eusmilia fastigiata*. Museo del Mar. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. 18 p.
- Arizmendi-Mejía, R., Ledoux, J.B., Civit, S., Antunes, A., Thanapoulou, Z., Garrabou, J. & Linares, C. (2015). Demographic responses to warming: reproductive maturity and sex influence vulnerability in an octocoral. *Coral Reefs* 34:1207-1216.
- Babcock, R. C. (1991). Comparative Demography of Three Species of Scleractinian Corals Using Age-and-Size-Dependent Classifications. *Ecological Monographs* 61 (3): 225-244.
- Back, M. P. & Meesters, H. (1999). Population structure as a response of coral communities to global change. *American Zoologist* 39 (1): 56-65.
- Baird, A.H., Babcock, R.C. & Mundy, C.P. (2003). Habitat selection by larvae influences the depth distribution of six common coral species. *Marine Ecology Progress Series* 252, 289–293.
- 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). *Project for the Preparation of a Strategic Action Plan for the Conservation of the Biodiversity in the Mediterranean Region (SAP BIO)*. UNEP-MAP-RAC/SPA.
- Ballesteros, E. (2006). Mediterranean coralligenous assemblages: A synthesis of present knowledge. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 44:123-195.
- Barnes, R. D. (1989). *Zoología de Invertebrados*. Quinta Edición. Editorial Interamericana-McGraw-Hill. México, México. 148-153.

Bayer, F. M. (1961). The shallow wáter Octocorallia of the West Indian región. *Stud Fauna Curacao*, 12: 1-73.

Bayer, F. M. (1981). Key to the genera of Octocorallia exclusive of Pennatulacea (Coelenterata: Anthozoa) with diagnoses of new taxa. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 94: 902–947

Begon, M., Mortimer, M., & Thomson, D. (1996). *Population Ecology: Aunified study of animals and plants*. 3rd edition. Australia. Editorial Blackwell science, 247 p.

Bongaerts, P., Ridgway, T., Sampayo, E. M. & Hoegh-Guldberg, O. (2010). Assessing the 'deep reef refugia' hypothesis: focus on caribbean reefs. *Coral Reefs* 29:309–327

Boudouresque, C. F. (2004). Marine biodiversity in the Mediterranean: status of species, populations and communities. *Scientific Reports of Port-Cros National Park* 20: 97–146.

Carpine, C. & Grasshoff., M. (1975) Les gorgones de la Méditerranée. *Bull Inst Ocean Monaco* 71:1–140

Cognetti, G., Sara, M., & Magazzu, G. (2001). *Biología marina*. Ariel.

Coma, R., Linares, C., Ribes, M., Díaz, D., Garrabou, J. & Ballesteros, E. (2006). Consequences of a mass mortality in populations of *Eunicella singularis* (Cnidaria: Octocorallia) in Menorca (NW Mediterranean). *Marine Ecology Progress Series* 327:51-60.

Cúrdia, J., Monteiro, P., Afonso, C. M., Santos, M. N., Cunha, M. R., & Gonçalves, J. M. (2013). Spatial and depth-associated distribution patterns of shallow gorgonians in the Algarve coast (Portugal, NE Atlantic). *Helgoland Marine Research*, 67(3): 521-534.

Dumas, J., Maran, V. Ader, D. & Huet, S. (2014). "*Leptogorgia sarmentosa* (Esper, 1789)". *DORIS* (in French). Retrieved 2014-12-18.

Daly, M., Brugler, M. R., Cartwright, P., Collins, A. G., Dawson, M. N., Fautin, D. G., France, S. C., Mcfadden, C. S., Opresko, D. M., Rodríguez, E., & Romano, S. L. (2007). The phylum Cnidaria: a review of phylogenetic patterns and diversity 300 years after Linnaeus. *Zootaxa*, 1668: 127-182.

Edmunds, P. J. (2000). Patterns in the distribution of juvenile corals and coral reef community structure in St. John, US Virgin Islands. *Mar Ecol Prog Ser* 202:113–124.

Ezzat, L., Merle, P. L., Furla, P., Buttler, A., & Ferrier-Pagès, C. (2013). The response of the Mediterranean gorgonian *Eunicella singularis* to thermal stress is independent of its nutritional regime. *PLoS One*, [doi:10.1371/journal.pone.0064370](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064370).

Fabricius, K., & Alderslade, P. (2001). *Soft corals and sea fans. A comprehensive guide to the tropical shallow-water genera of the Central-West Pacific, the Indian Ocean and the Red Sea*, Townsville, Australian Institute of Marine Sciences.

Fortin, M.J. & Dale, M. R. T. (2005). *Spatial analysis: a guide for ecologists*. Cambridge University Press, Cambridge, p 365

Freiwald, A., Fosså, J. H., Grehan, A., Koslow, T., & Roberts, J. M. (2004). Cold-water coral reef. Out of sight – no longer out of mind. *UNEP Coral Reef Unit, World Conservation Monitoring Centre*.

Gardner, J. P. A. (2000). Where are the mussels on Cook Strait (New Zealand) shores? Low seston quality as a possible factor limiting multi-species distributions. *Mar Ecol Prog Ser* 194:123–132

Garrabou, J., Ballesteros, E. & Zabala, M. (2002). Structure and dynamics of north-western Mediterranean rocky benthic communities along a depth gradient. *Estuar Cstl Shelf Sci* 55:493–508

Garrabou, J., Coma, R., Bensoussan, N., Bally, M., Chevaldonne, P., Cigliano, M. & Ledoux, J. B. (2009) Mass mortality in Northwestern Mediterranean rocky benthic communities: effects of the 2003 heat wave. *Global Change Biology* 15(5):1090-1103.

Gerhardt, D.J. (1990). Fouling and gastropod predation: consequences of grazing from the octocoral. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 62: 103-108.

Gili, J. M. & Coma, R. (1998). Benthic suspension feeders: their paramount role in littoral marine food webs. *Trends in ecology & evolution* 13(8):316–321

Gori, A., Rossi, S., Linares, C., Berganzo, E., Orejas, C., Dale, M. R., & Gili, J. M. (2011a). Size and spatial structure in deep versus shallow populations of the Mediterranean

gorgonian *Eunicella singularis* (Cap de Creus, northwestern Mediterranean Sea). *Marine biology*, 158(8): 1721-1732.

Gori, A., Rossi, S., Berganzo, E., Pretus, J. L., Dale, M. R., & Gili, J. M. (2011b). Spatial distribution patterns of the gorgonians *Eunicella singularis*, *Paramuricea clavata*, and *Leptogorgia sarmentosa* (Cape of Creus, Northwestern Mediterranean Sea). *Marine biology*, 158(1): 143-158.

Hall, V. R., & Hughes, P. T. (1996). Reproductive Strategies of Modular Organisms: Comparative Studies of Coral-building corals. *Ecology*, (77)3: 950-963.

Hiscock, K. (1983). Water movement. En: Earll E, Erwin DG (eds) Sublittoral ecology. *The ecology of the shallow sublittoral benthos*. Oxford University Press, Oxford.

Hughes, P. T. (1998). Long-Ter Dynamics of Coral Populations: Constrasting Reproductive Modes. *Proceedings of he 6th International Coral Reef Symposium*, 2: 721-725 p.

Humann, P. (1994). Reef coral identificaion. Florida Caribbean Bahamas. New World Publictacions, Jacksonville, 239 p.

Idjadi, J. A. & Edmunds, P. J. (2006). Scleractinian corals as facilitators for other invertebrates on a Caribbean reef: *Mar Ecol Prog Ser* 319:117–127. doi:10.3354/meps319117

Jones, C.G., Lawton, J.H., & Shachak, M. (1994). Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*, 69, 373–386.

Kersting., D. K. (2016). *Cambio climático en el medio marino español: impactos, vulnerabilidad y adaptación*. Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, 166 pág.

Kipson, S., Linares, C., Teixidó, N., Bakran-Petricioli, T. & Garrabou, J. (2012). Effects of thermal stress on early developmental stages of a gorgonian coral. *Marine Ecology Progress Series* 470:69-78.

Krebs, C. J. (1985). *Estudio de la distribución y la abundancia*. 2 th edición. México. Editorial Melo, S. A. 753 P.

- Krebs, C. J. (1989). *Ecological methodology*. Harper & Row, Publishers, New York.
- Lasker., H. R. (1991) Population growth of a gorgonian coral: equilibrium and non-equilibrium sensitivity to changes in life history variables. *Oecologia* 86:503–509
- Lewis, J. B. (1974). Settlement and Grow Factors influencing the Contagious Distributions of some Atlantic Reef Corals. *Proceeding of the Second International Coral Reef Symposium* 2. Great Barrier Reef Committee. Brishane, December. 201-206 p.
- Linares, C., Coma, R., Díaz, D., Zabala, M., Hereu, B., & Dantart, L. (2005). Immediate and delayed effects of a mass mortality event on gorgonian population dynamics and benthic community structure in the NW Mediterranean Sea. *Mar Ecol Prog Ser*, 305:127–137
- Linares, C., Coma, R., & Zabala, M. (2008a). Restoration of threatened red gorgonian populations: an experimental and modelling approach. *Biological Conservation* 141:427–437
- Linares, C., Coma, R., Garrabou, J., Díaz, D., & Zabala, M. (2008b). Size distribution, density and disturbance in two Mediterranean gorgonians: *Paramuricea clavata* and *Eunicella singularis*. *Journal of Applied Ecology*, 45(2), 688-699.
- Mass, T., Einbinder, S., Brokovich, E., Shashar, N., Vago, R., Erez, J. & Dubinsky, Z. (2007). Photoacclimation of *Stylophora pistillata* to light extremes: metabolism and calcification. *Mar Ecol Prog Ser* 334:93–102
- Mumby, J. P., & Dytham, C. (2006). Chapter 5. Metapopulation Dynamics of Hard Corals. *Marine Metapopulations*. Ed. Elsevier. 157-203 p.
- Munro, C. (2005). Diving systems, In Eleftheriou, A., McIntyre, A. (Eds), *Methodos for the Study of Marine Benthos*, 3rd edition. Blackwell Publishing Group, Oxford.
- Murray, R. J., Wheeler A. J., & Freiwald, A. (2006). Reefs of the Deep: The Biology and Geology of Cold-Water Coral Ecosystems. *Science* 312, 543. DOI: 10.1126/science.1119861.
- Musick, J. A. (1999). Ecology and conservation of long-lived marine animals. *American Fisheries Society Symposium*, 23, 1–10.

Norling, P., & Kautsky, N. (2007). Structural and functional effects of *Mytilus edulis* on diversity of associated species and ecosystem functioning. *Mar Ecol Prog Ser* 351:163–175. doi:10.3354/meps 07033

Odum, P. (1972). *Ecología*. 5ª edición: México. Nueva editorial Interamericana. 639 P.

Pérès, J., & Picard, J. M. (1964). *Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée*. Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume 31(47), 1–131.

Ramírez, A. (1999). *Ecología Aplicada: Diseño y análisis estadístico*. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 325 p.

Ribes, M.; Coma, R.; Gili, J. M. (1999). Heterogeneous feeding in benthic suspension feeders: the natural diet and grazing rate of the temperate gorgonian *Paramuricea clavata* (Cnidaria: Octocorallia) over a year cycle. *Mar Ecol Prog Ser* 183, 125-137.

Ribes, R. M., Zabala, M., & Gili, J. M. (1995). Reproduction and cycle of gonadal development in the Mediterranean gorgonian *Paramuricea clavata*. *Mar Ecol Prog Ser* 117, 173-183.

Ribes, M., Coma, R., Rossi, S., & Micheli, M. (2007). Cycle of gonadal development of *Eunicella singularis* (Cnidaria: Octocorallia): trends in sexual reproduction in Mediterranean gorgonians. *Invertebrata biology* 126(4), 307–317

Richmond, R. H. & Hunter, C. L. (1990). Reproduction and recruitment of corals, comparisons among the Caribbean, the Tropical Pacific, and the Red Sea. *Mar Ecol Prog Ser*. Vol: 60, 185-203 p.

Riedl, R. (1971). Water movement: animals. En: Kinne O (ed) *Marine ecology* vol 1, part 2. Wiley-Interscience, London, pp 1123–1149

Rossi, S., Grémare, A., Gili, J. M., Amouroux, J. M., Jordana, E., & Vétion, G. (2003). Biochemical characteristics of settling particulate organic matter at two north-western Mediterranean sites: a seasonal comparison. *Estuarine Coast and Shelf Science* 58:423–434

Sánchez, J. A. (1998). Sistemática Filogenética del género *Eunicella* (Lamouroux, 1816) (Octocorallia: Gorgonacea: Pleuxauridae) con aspectos sobre la historia natural de algunas

especies en el Caribe Colombiano. Tesis M.Sc. *Universidad Nacional de Colombia. Facultad Ciencias*. Instituto Ciencias Naturales. Departamento de Biología. Bogotá. 134p.

Smith, R., & Smith, T. (2001). *Ecología*. 4 ed. Madrid: Addison Wesley, 642 p.

Templado, J., Ballesteros, E., Galparsoro, I., Borja, Á., Serrano, A., Martín, L., & Brito, A. (2012). Guía interpretativa. Inventario español de hábitats marinos. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente

Vafidis, D. (2009). First record of *Leptogorgia sarmentosa* (Octocorallia: Gorgoniidae) from the eastern Mediterranean Sea. *Marine Biodiversity Records*, 2, e17.

Van Ofwegen, L. (2014). *Paramuricea clavata* (Risso, 1826). In: Costello, M.J.; Bouchet, P.; Boxshall, G.; Arvantidis, C.; Appeltans, W. (2014) European Register of Marine Species, accessed through PESI at <http://www.eunomen.eu/portal/taxon.php?GUID=urn:lsid:marinespecies.org:taxname:125387>

Vitousek, P. M., Mooney, H. A., Lubchenco, J. & Melillo, J. M. (1997) Human domination of Earth's ecosystems. *Science*, 277, 494–499.

Weinbauer, M. G. & Velimirov, B.V. (1996) Relative habitat suitability and stability of the Mediterranean gorgonian coral *Eunicella cavolinii* (Coelenterata: Octocorallia). *Bull Mar Sci* 58:786–791

Weinberg, S. (1976). Revision of the common Octocorallia of the Mediterranean circalittoral. I. Gorgonacea. *Beaufortia* 24:63–104

Weinberg, S., & Weinberg, F. (1979). The life cycle of a gorgonian: *Eunicella singularis* (Esper, 1794). *Bijdragen tot de Dierkunde*, 48(2), 127-137.

Weinberg, S. (1991). Faut-il protéger les gorgones de Méditerranée. *Boudouresque CF, Avon M., Gravez V. (éd.), Les espèces marines à protéger en Méditerranée, GIS Posidonies Publ., France*, 47-52.

Williams, G. C., & Cairns, S. D. (2005). "Systematic list of valid octocoral genera" [en línea], disponible en: [http:// www.calacademy.org/research/izg/OCTOCLASS.htm/](http://www.calacademy.org/research/izg/OCTOCLASS.htm/)

Zea, S. (1993). Cover of sponges and other sessile organisms in rock and coral reef habitats of Santa Marta, Colombia Caribbean sea. *Caribbean Journal of Science*, 29 (1-2): 75-88.