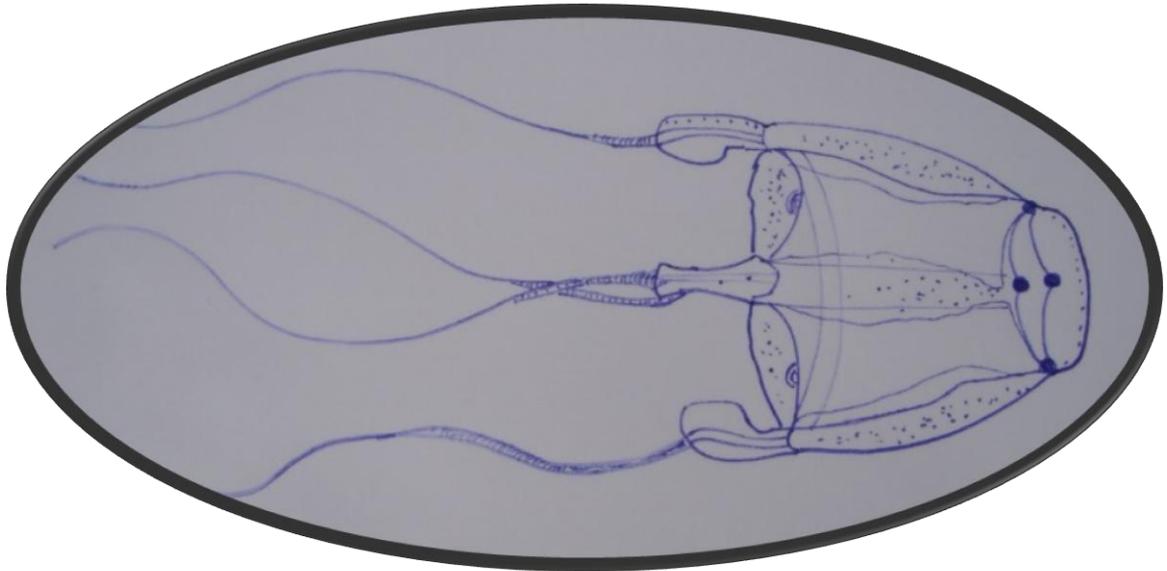


Hábitos alimenticios en Cubomedusas, mediante el estudio de contenidos gástricos.



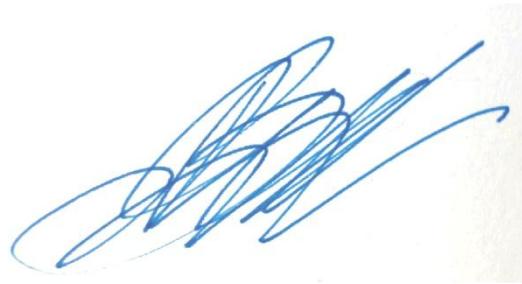
Trabajo de Fin de Máster en Biología Marina.
Curso académico 2016-2017
Portilla Baró, Lucía.
Codirector de TFM Universidade da Coruña: Dr.
Rodolfo Barreiro Lozano.
Codirector de TFM Universitat d'Alacant: Dr. César
Bordehore Fontanet.
3 de Julio de 2017.

Cesar Bordehore Fontanet, Dr. en Biología y Profesor Asociado del Departamento de Ecología de la Universidad de Alicante e Investigador del Instituto Multidisciplinar para el Estudio del Medio "Ramon Margalef",

Hace constar

Que el Trabajo Final de Máster elaborado por la alumna Lucía Portilla Baró, ha sido realizado bajo mi supervisión.

Así mismo, se da el visto bueno para su exposición y defensa

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and strokes, positioned on the right side of the page.

Índice:

1. Introducción	pág 4
2. Objetivos	pág 6
3. Metodología	pág 6
3.1 Mapas de la zona	pág 8
3.2 Envío de muestras de cubomedusas y fitoplancton a la Universidad del Algarve	pág 9
3.3 Análisis de datos obtenidos a partir de los contenidos gástricos de cubomedusas	pág 9
3.4 Observación de las muestras de zooplancton en el laboratorio	pág 11
3.5 Análisis de datos obtenidos de fitoplancton en agua y en contenidos gástricos	pág 12
3.6 Preferencias de presas	pág 12
4. Resultados	pág 13
4.1 Contenidos gástricos de las <i>Carybdea marsupialis</i> y <i>Copula spp.</i> muestreadas	pág 13
4.2 Comparación de contenidos gástricos entre Dénia y Campello	pág 14
4.3 Comparación entre contenidos gástricos entre <i>Carybdea marsupialis</i> y <i>Copula spp.</i>	pág 15
4.4 Individuos/m³ de Zooplancton de Dénia y Campello	pág 16
4.5 Comparación de individuos/m³ de zooplancton entre Dénia y Campello	pág 17
4.6 Células por litro de fitoplancton del agua de mar de Dénia y Campello	pág 18
4.7 Comparación en células por litro de fitoplancton del agua de mar de Dénia y Campello	pág 19
4.8 Análisis de contenidos gástricos de cubomedusas	pág 20
4.9 Análisis del Mesozooplancton y macrozooplancton en agua	pág 22
4.10 Análisis de fitoplancton	pág 23
4.11 Preferencias de presas	pág 23
5. Discusión	pág 25
6. Conclusiones	pág 27
7. Referencias bibliográficas	pág 28

1.Introducción

La dieta de las cubomedusas generalmente está compuesta de zooplancton quitinoso e ictioplancton (Larson 1976, Nogueira Júnior &Haddad 2008, Acevedo et al.2012) siendo sus principales presas los crustáceos planctónicos (Bordehore, 2014), producen enzimas digestivas muy potentes, que digieren la mayoría de las presas en pocas horas (Larson, 1976). En cuanto a *Carybdea marsupialis* los resultados obtenidos en muestras del Mediterraneo occidental, indican que la dieta de los adultos podría estar basada principalmente en copépodos, misidáceos, anfípodos y en menor medida en larvas de peces, destacando un porcentaje elevado de zooplancton epibentónico (Bordehore, 2014).

En la actualidad, son pocos los estudios sobre la ingestión de materia orgánica particulada y microplancton (Acevedo, 2016, Calbet et al., 2001, Morais et al., 2015) que probablemente ingieran las cubomedusas de manera voluntaria, e involuntaria (Anexo experimento 2) como consecuencia de sus pulsaciones, y la introducción del agua de mar en la cavidad gastrovascular, pudiendo ser esta ingestión analizable a través de la extracción de sus contenidos gástricos.

El plancton según su tamaño se clasifica en en femtoplancton de 0,2 a 0,02 μm , picoplancton de 0,2 a 2 μm , nanoplancton de 2 a 20 μm , microplancton de 20 a 200 μm , mesoplancton de 200 a 2000 μm , y el macroplancton de 2000 μm , a 20 mm (Dussart, 1965). Después de haber observado que las preferencias de alimentación de *C. marsupialis* varían según el tamaño de los individuos (Acevedo et al. 2013), un reciente estudio (Acevedo et al.2017), muestra los porcentajes de contribución de materia orgánica particulada y microplancton a la dieta de *Carybdea marsupialis* según la etapa de crecimiento en la que se encuentren. A partir de los resultados de este estudio, se estima que para individuos en su primera etapa de desarrollo la materia orgánica particulada contribuiría alrededor de un 40%, para juveniles y adultas, el plancton epibentónico alrededor de un 40-50%, y para las adultas, las larvas de peces un 30% aproximadamente (Acevedo et al., 2017).

Tal como se ha observado anteriormente el microzooplancton podría suponer un 75% del total de la dieta de otros organismos gelatinosos como las larvas de *Mneiosis leidyi* (Stoecker, 1987). Las medusas más pequeñas basan parte de su alimentación en el microzooplancton (Acevedo et al., 2017). La salida de aguas fluviales ricas en

nutrientes aumenta la concentración de microzooplancton (Pradel, 2012), por lo que en ecosistemas de estas características, las cubomedusas en todas sus etapas de desarrollo y bajo escasez de macroplancton, tendrían asegurada la ingesta de alimento, lo cual podría derivar en una mayor abundancia de cubomedusas.

La posibilidad de natación y de extender los tentáculos, optimiza la captura de presas, la ingestión de macrozooplancton. Cuando un tentáculo contacta con la presa, se disparan los cnidocistos cercanos, inmovilizándola e inyectándole toxinas. Los tentáculos se retraen y llevan la presa hacia la apertura bucal, el manubrio se encarga de retirar la presa de los tentáculos y ésta es introducida en la cavidad gástrica (Bordehore, 2014).

En el caso de ingestión involuntaria de presas debido a que el agua de mar entra dentro de la cavidad gástrica por los movimientos que la cubomedusa realiza para desplazarse, no es necesaria la retracción e introducción de los tentáculos en la cavidad estomacal, ya que el microplancton, el mesoplancton y la materia orgánica suspendidas en la columna de agua, se adhieren a la pared interior de la cavidad gástrica por contacto directo (Anexo Experimento 2 y Experimento 3). Las toxinas de los cnidocistos de las cubomedusas son específicas para capturar las presas con el mayor éxito posible y a la vez, con el menor consumo energético (Bordehore, 2014).

Para *Carybdea marsupialis*, no se conocen los requerimientos energéticos mínimos para la respiración y el crecimiento, en cambio, sí para otras especies (Frandsen & Riisgard, 1997; Purcell et al., 2010). Sin embargo, si es posible estimar es la tasa de ingestión de la población de cubomedusas considerándose que la tasa de ingestión de juveniles *de C. marsupialis* (~10,5 mm DBW) ante concentraciones crecientes de copépodos, variaba entre 8 y 31,6 copépodos día⁻¹ (Acevedo et al., 2017)

El tamaño y la naturaleza de las presas depende del tamaño y la especie de cubomedusa (Bordehore, 2014) además de la habilidad de la presa para escapar. Los huevos de peces y los sacos vitelinos de las larvas, pueden ser seleccionados positivamente por las medusas, debido a diferentes factores que aumentan la probabilidad de encuentro, como el hecho de que no pueden escapar, o lo hacen de manera muy deficiente, o su relativo mayor tamaño comparado con el zooplancton en general. La tendencia general de los predadores, con numerosos tentáculos sin casi espacio entre ellos, es alimentarse de presas más pequeñas que los predadores con pocos y espaciados tentáculos. Además

algunas características específicas de la presa, como la talla, etapa y velocidad de natación, pueden afectar a la tasa de encuentro con sus predadores y su habilidad para escapar (Purcell & Arai, 2001). Respecto al patrón diario de ingestión de las cubomedusas, se ha observado que existen diferencias entre el día y la noche, en los hábitos alimenticios. Mientras que durante el día se alimentan mayoritariamente de copépodos, por la noche se alimenta fundamentalmente de anfípodos y misidáceos, siendo su dieta más eficiente ya que estos pueden suponer 50 veces la biomasa de un copépodo. Además, el impacto de depredación sobre estos grupos es mayor de noche, ya que existe una mayor densidad de cubomedusas (Acevedo, et al., 2017).

Por todo ello se plantea que dado que la biomasa de zooplancton es aparentemente demasiado baja como para cubrir las necesidades energéticas de las cubomedusas (Kingsford & Money, 2014), pudiendo la dieta de las cubomedusas estar complementada con aportes de meso y microplancton, y siendo la hipótesis a demostrar en el presente trabajo que las cubomedusas además de macrozooplancton y macrofitoplancton, ingieren también micro y mesozooplancton, además de micro y mesofitoplancton.

2.Objetivos

Determinar si las cubomedusas *Carybdea marsupialis* y *Copula sp.* se alimentan de microplancton y si es así, en qué medida y de qué grupos principalmente.

Identificar las principales diferencias entre presas de *Carybdea marsupialis* y *Copula sp.*

Establecer una comparación entre la comunidad zooplanctónica y fitoplanctónica de Dénia y Campello.

3.Metodología

Para la recogida de ejemplares de cubomedusas de dos especies, *Carybdea marsupialis* (Linnaeus, 1758), y *Copula sp.* (Bentlage, Cartwright, Yanagihara, Lewis, Richards & Collins, 2010) se realizaron diferentes tipos de muestreo, 2 diurnos y 4 nocturnos, en diferentes zonas.

La recogida de muestras se llevó a cabo en diferentes estaciones de Dénia 38°48'48''N 0°06'25''E y Campello 38°24'02''N 0° 23'50''W pertenecientes a la provincia de Alicante en La Comunidad Valenciana. Las cubomedusas se sienten atraídas por la luz,

tanto en tallas juveniles como en adultos (Bordehore, 2014) por lo que en algunos casos para asegurarnos una mayor efectividad en la recogida de muestras se realizaron muestreos nocturnos, utilizando focos Led de piscina con baterías, colocados en el fondo con la ayuda de plomos.

En cada estación, se filtraron 5 litros de agua de mar con 25 μm que se guardaron en una garrafa para su uso posterior, ya que la fijación de muestras que requiere de agua de mar, debe realizarse con el agua de mar correspondiente a la estación de muestreo en que ha sido capturada la muestra.

Para la recogida de cubomedusas *Copula sp.* y *Carybdea marsupialis*, se realizaron arrastres a pie a 1km por hora, tomando nota de las coordenadas GPS del principio y final de cada arrastre, sumergiendo las redes en el agua a de 0,5 m a 1,40 m de profundidad. Se utilizaron redes redondas de 500 μm , una de 38 cm de diámetro de entrada de red y 150 cm de longitud de manga, y otra red de 40 cm de diámetro y 160 cm de longitud de manga, una bired cuadrada de 500 μm , de 32 cm de lado con una de las mangas de 1,40 m y la otra de 1,65 m. En cada una de las redes se montó un flujómetro KC Denmark, para conocer el volumen filtrado, se apuntaron datos de las vueltas del flujómetro al principio y al final de cada arrastre, la constante del flujómetro, el tiempo arrastrado y el área de la manga. En el extremo de cada manga se colocó un bote colector de un litro para recoger la muestra.

En el caso de los muestreos nocturnos, se utilizaron focos Led de piscina de 50W usando plomos de buceo para fijarlos al fondo. Una vez las cubomedusas se acercan al foco, lo hacen de forma masiva en enjambres, por lo que se capturaron con jarras de laboratorio, evitando el uso de redes. Como este tipo de muestreo se realiza avanzado el verano, las cubomedusas están en sus últimas etapas de desarrollo y son capaces de vencer las corrientes para llevar un rumbo dirigido hacia la luz de los focos previamente sumergidos.

Salvo el 13,3% de las cubomedusas que fueron fijadas en formol al 4% con bórax siendo necesaria una campana extractora, la mayoría de las cubomedusas se fijaron in situ dada la rapidez de digestión de las presas por parte de las cubomedusas, el 69,3% de las cubomedusas se fijó en botes opacos con lugol al 2% y el 17,3 % en etanol al 90%.

Para coger muestras de fitoplancton, se vertieron 15 l de agua de mar al filtro de 25 μm tomando datos de las coordenadas geográficas con el GPS. Las muestras de fitoplancton obtenidas se fijaron en botes opacos con lugol al 2%.

Para recoger zooplancton, se realizaron arrastres con una red de 200 μm , con un diámetro de boca de entrada de 45 cm y una longitud de manga de 1,45 m en diferentes puntos de cada estación de muestreo, tomando datos de las coordenadas geográficas con el GPS al principio y al final del transecto arrastrado, midiendo el tiempo, apuntando el área de la manga, el flujómetro utilizado en cada muestreo, y el número de vueltas que resulten del arrastre. El bote colector se cerró y se guardó para su posterior fijación con formol al 4% en el laboratorio.

3.1 Mapas de la zona:



Fig1. Mapa de las diferentes estaciones de muestreo.

La costa de Dénia está compuesta principalmente de playas arenosas poco profundas con praderas de *Posidonia oceanica* (Bordeclore et al., 2011; Bordeclore et al., 2015).

Las muestras de Dénia se recogieron en las estaciones de muestreo de “La Almadrava Centro Norte” $38^{\circ} 52'02,24''\text{N } 0^{\circ}00'19,94''\text{E}$ durante la noche del 26 de septiembre de 2016, y en “La Almadrava Centro Sur” $38^{\circ} 51'56,62''\text{N } 0^{\circ}00'39,98''\text{E}$ el día 19 de julio y el 26 de agosto de 2016 mediante muestreos nocturnos. En el Campello se realizaron

muestreos nocturnos en las estaciones de muestreo de “El Campello Norte” 38°25’58,72’’N 0°22’55,76’’O y “El Campello Sur” 38°25’54,90’’N 0°22’57,21’’O (Fig 1).

3.2 Envío de muestras de cubomedusas y fitoplancton a la Universidad del Algarve:

Se enviaron muestras de cubomedusas fijadas en etanol, formol y lugol además de muestras de fitoplancton en lugol recogidas en diferentes muestreos, desde la Estación Científica de Dénia, a la Universidad del Algarve, en Faro, Portugal, con el objetivo de la identificación y cuantificación de los contenidos gástricos de las cubomedusas, tanto de *Carybdea marsupialis*, como de *Copula* sp. Para ello, se extrajeron los contenidos estomacales con agujas y mediante la técnica del microscopio invertido se obtuvo información sobre macro meso y microzooplancton, y meso y microfitoplancton (Anexo fotografías contenidos gástricos). Las muestras de fitoplancton del agua también fueron identificadas y cuantificadas usando el microscopio invertido. En el anexo se adjunta inventario de las muestras enviadas.

3.3 Análisis de datos obtenidos a partir de los contenidos gástricos de cubomedusas:

Método de Costello:

Para analizar la dieta mediante los contenidos gástricos y tratar los datos obtenidos, se utilizó un método gráfico, diseñado por Costello en 1989 que relaciona la frecuencia de ocurrencia, y la relativa abundancia de la presa en la dieta. Además representa la importancia relativa de la presa (dominante o rara) y el grado de homogeneidad de selección de la presa por la población depredadora. El porcentaje de ocurrencia se define como el porcentaje del número de depredadores con presa y el porcentaje de abundancia como el porcentaje del conjunto de presas con el conjunto de depredadores. Este método gráfico permite una comparación visual de la dieta, en los diferentes grupos de edad, o diferentes poblaciones de un depredador. Las técnicas estadísticas pueden seleccionarse para evaluar la importancia de las diferencias en el consumo de presas entre grupos (Costello, 1990). En estudios de campo, el análisis del contenido de los estómagos, es en ocasiones la única forma de obtener información sobre la dieta.

La frecuencia de ocurrencia, expresada como un porcentaje, es el número total de estómagos en los cuales hay presa. La abundancia relativa de la presa, está definida como el porcentaje de presas en contenido estomacal en un depredador en volumen, peso o número. En términos matemáticos, el porcentaje de ocurrencia (% Fi) (Fig 9) y el porcentaje de abundancia de presa tipo i (% Ai) (Fig 9), se pueden describir por las ecuaciones:

$$\%Fi = (Ni/N) \times 100$$

Siendo Ni el número de depredadores con presa i en su estómago y N el número total de depredadores con contenidos en el estómago.

$$\%Ai = (\sum Si / \sum St) \times 100$$

Siendo Si (volumen, peso o número) el contenido estomacal compuesto por la presa i (Fig 9) y St el total de contenidos gástricos con presa, de todos los estómagos de la muestra (Fig9).

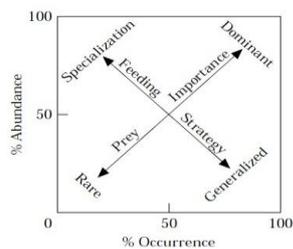


FIG.X Diagrama de Costello. Amundsen et al., 1990.

Fig 10. Diagrama de Costello (Amundsen et al., 1990).

Costello sugirió que las dos diagonales representan la importancia de las presas (dominante-raro) y la estrategia de alimentación de los depredadores (especialización-generalizada). Puntos cercanos al 100% de ocurrencia y 100% de abundancia representan los taxones de presas dominantes. Los puntos que se agrupan cerca del 100% de ocurrencia y un 1% de abundancia se consideran indicativos de una dieta generalizada y los puntos que están cerca de un 1% de ocurrencia y un 100% de abundancia, indican una especialización en ciertos taxones por parte de algunos depredadores (Costello, 1990) (Fig 10).

Método de Costello mejorado por Amundsen:

Se sugiere un nuevo parámetro, la abundancia de presa específica (P_i) (Amundsen et al., 1995) que se define como el porcentaje de un taxón de presa en todos los depredadores que han consumido la presa realmente, en términos matemáticos:

$$P_i = (\sum S_i / \sum S_{Ti}) \times 100$$

Siendo P_i la abundancia presa-específica de la presa i , S_i el contenido del estómago (volumen, Peso o número) compuesto de presa i y S_{Ti} el contenido total de estómago en sólo esos depredadores con presa i en su estómago.

Se utiliza la abundancia de presa específica (P_i) en lugar del Porcentaje de abundancia (A_i). El porcentaje de abundancia, aumenta por la diagonal desde la esquina inferior izquierda a la esquina superior derecha (Fig 10), proporciona una medida de la importancia de la presa, con presas dominantes en la parte superior, y presas poco dominantes o raras en el extremo inferior. El eje vertical representa la estrategia de alimentación del depredador en términos de especialización o generalización. Las presas consumidas por depredadores especializados se encuentran situadas en la parte superior del gráfico, mientras que las presas de la parte inferior son las que se han comido ocasionalmente indicando generalización. Puntos de presa situados en la parte superior izquierda del diagrama son indicativos de la especialización de los depredadores individuales y los de la parte superior derecha representarían la especialización de la población depredadora. Las observaciones situadas en la parte superior reflejan una población de depredadores con un estrecho ancho de nicho. Si no hay puntos de presa en la parte superior derecha del diagrama, y todas las presas están situadas a lo largo o debajo de la diagonal desde la parte superior izquierda hasta la parte inferior derecha, la población de depredadores tendrá un amplio ancho de nicho (Amundsen et al., 1996).

3.4 Observación de las muestras de zooplancton en el laboratorio:

Para la observación de las muestras de zooplancton se utilizó una lupa binocular Leica S6D, se identificaron y midieron los taxones existentes en cada muestra. Con la intención de comparar el zooplancton presente en el agua de mar de cada punto de muestreo con los posibles restos de zooplancton de las bolsas gástricas de las cubomedusas.

Dado que la observación se realiza mediante lupa, y que la cota de malla de la red utilizada para recoger estas muestras era de 200 μm , solo nos es posible cuantificar el mesozooplancton y macrozooplancton presentes en la muestra.

El zooplancton fue fijado en formol al 4% tamponado con Borax, por lo que para su observación hubo primero que deformolar cada muestra, seguidamente fraccionar cada una con el fraccionador de muestras y observar una fracción con la lupa binocular apuntando datos de los diferentes taxones y medidas del zooplacton existente en la fracción, y volver a formolar cada muestra para asegurar su conservación.

3.5 Análisis de datos obtenidos de fitoplancton en agua y en contenidos gástricos:

Hipótesis de Chesson:

Se obtuvieron datos sobre fitoplancton en la columna de agua, y en el interior de los contenidos gástricos de las cubomedusas, y se compararon mediante el índice α_i , una medida relativa de las preferencias del consumidor por un tipo de comida concreto entre todos los tipos de comida disponibles en el ambiente. Sus valores están comprendidos entre 0 y 1. La preferencia, es el resultado final de varios factores como pueden ser la facilidad de detección, las respuestas de escape que tenga la presa, la palatabilidad de la presa. La densidad del alimento, puede causar efectos sobre la preferencia. Si la dieta de un consumidor se basa enteramente en un tipo de comida i , el valor de α_i será 1. Por el contrario, si la comida de tipo i no está representada en la dieta, el valor de α_i será 0. K será el número de consumidores conocidos (Chesson, 1983).

3.6 Preferencias de presas:

Selectividad de Pearre:

Mediante una tabla de contingencia de contingencia de 2 x 2 podemos probar la significación de cualquier grado de selección, de cualquier tamaño de muestras y expresándose los resultados a través de un índice que va de +1 a -1, en el que el valor de 0 indica ninguna selección (Pearre, 1982). De esta manera, comparando los taxones presentes en los contenidos gástricos de las cubomedusas, con los taxones presentes en el agua de mar, podremos determinar el índice de selectividad.

$$\chi^2 = (n*(|ad*be-bd*ae|-n/2)^2)/a*b*d*e$$

Siendo a, la presa tipo individual, b, todas las demás presas tipo, d, presas en el estómago y e presas en el ambiente (Pearre, 1982).

4.Resultados

4.1 Contenidos gástricos de las *Carybdea marsupialis* y *Copula spp.* muestreadas:

Se analizaron un total de 75 estómagos de cubomedusas. No se pudo cuantificar el mesozooplancton y el macrozooplancton (salvo un misidáceo) del interior de los contenidos estomacales, debido a que estaban parcialmente digeridos. En el 88% de las cubomedusas aparecieron trozos de crustáceo, y al no poder contar el número de organismos, no han sido representados en las siguientes gráficas explicativas de los contenidos gástricos de las cubomedusas (Anexo fotografías contenidos gástricos).

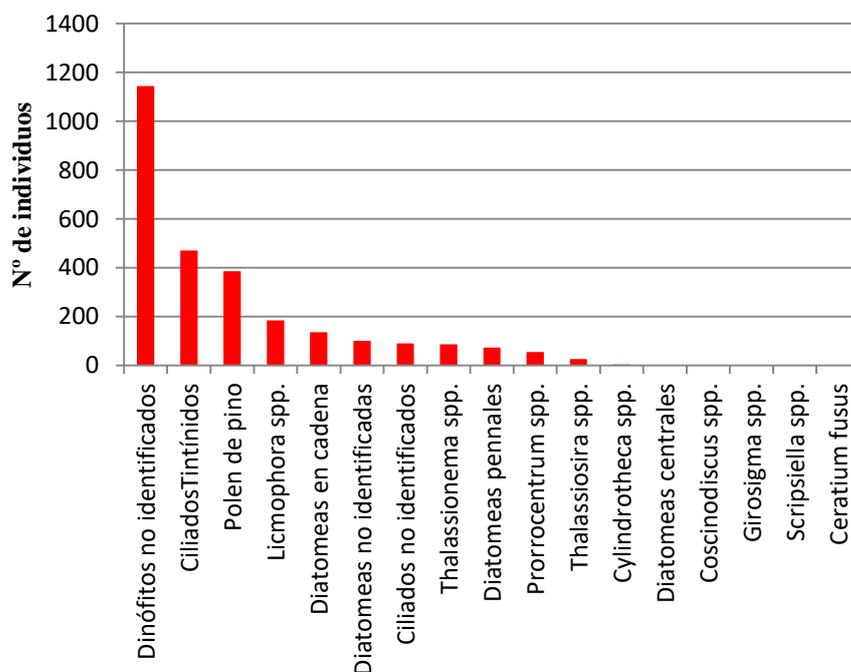


Fig 2. Contenidos gástricos de las *Carybdea marsupialis* y *Copula spp.* Muestreadas.

Del total del contenido de los 75 estómagos, el mayor taxón representado fue el de los dinófitos no identificados con 1144 ejemplares, seguido de los ciliados tintínidos con 470, 386 granos de polen de pino, 184 individuos de *Licmophora* spp., 136 de diatomeas en cadena, 101 de diatomeas no identificadas, 90 ciliados no identificados, 86 ejemplares de *Thalassionema* spp., 73 diatomeas pennales, 55 individuos de

Prorocentrum spp., 26 de *Thalassiosira* spp., 4 de *Cylindrotheca* spp., 3 diatomeas centrales, 2 *Coscinodiscus* spp., 2 *Gyrosigma* spp., 2 *Scripsiella* spp., y un *Ceratium fusus* (Fig 2).

4.2 Comparación de contenidos gástricos entre Dénia y Campello:

Se analizaron un total de 36 estómagos de cubomedusas capturadas en Dénia, y 39 estómagos de Campello.

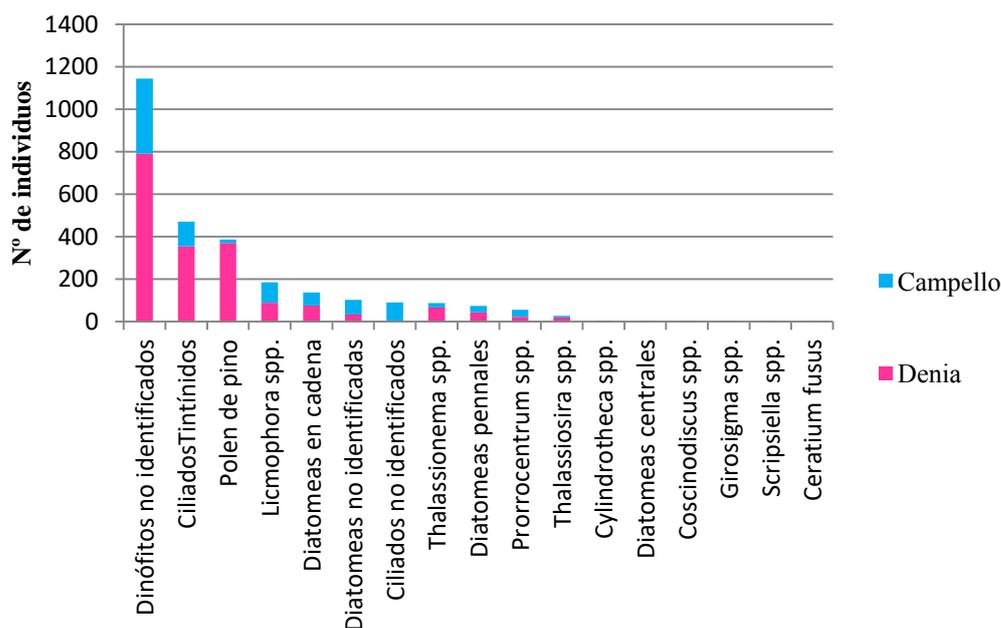


Fig 3 Comparación de contenidos gástricos entre Dénia y Campello.

Tras analizar los contenidos gástricos de 36 *Carybdea marsupialis* capturadas en Dénia, encontramos los siguientes taxones ordenados de mayor a menor presencia, dinófitos no identificados 791 individuos, 369 granos de polen de pino, ciliados tintinidos 354 individuos, *Licmophora* spp. 88 individuos, diatomeas en cadena 75 individuos, *Thalassionema* spp. 66 individuos, diatomeas pennales 43 individuos, diatomeas no identificadas 32 individuos, *Prorocentrum* spp. 22 individuos, *Thalassiosira* spp. 19 individuos, diatomeas centrales 3 individuos, *Coscinodiscus* spp. 2 individuos, *Scripsiella* spp. 2 individuos, ciliados no identificados 2 individuos, *Cylindrotheca* spp. 1 individuo, *Ceratium fusus* 1 individuo, y *Gyrosigma* spp. no tuvo representación en los estómagos de las *Carybdea marsupialis* muestreadas en Dénia (Fig 3).

Por su parte, los contenidos gástricos de 37 *Copula* sp. y 2 *Carybdea marsupialis* capturadas en Campello, encontramos los siguientes taxones ordenados de mayor a

menor presencia, dinófitos no identificados 353 individuos, ciliados tintínidos 116 individuos, *Licmophora* spp. 96 individuos, ciliados no identificados 88 individuos, diatomeas no identificadas 69 individuos, diatomeas en cadena 61 individuos, *Prorocentrum* spp. 33 individuos, diatomeas pennales 30 individuos, *Thalassionema* spp. 20 individuos, 17 granos de polen de pino, *Thalassiora* spp. 7 individuos, *Cylindrotheca* spp. 3 individuos, *Gyrosigma* spp. 2 individuos, y *Coscinodiscus* spp. , diatomeas centrales, *Scropsiella* spp. y *Ceratium fusus* no tuvieron representación en los estómagos de las *Copula* sp. y las *Carybdea marsupialis* muestreadas en Campello (Fig 3).

4.3 Comparación de contenidos gástricos entre *Carybdea marsupialis* y *Copula* sp.:

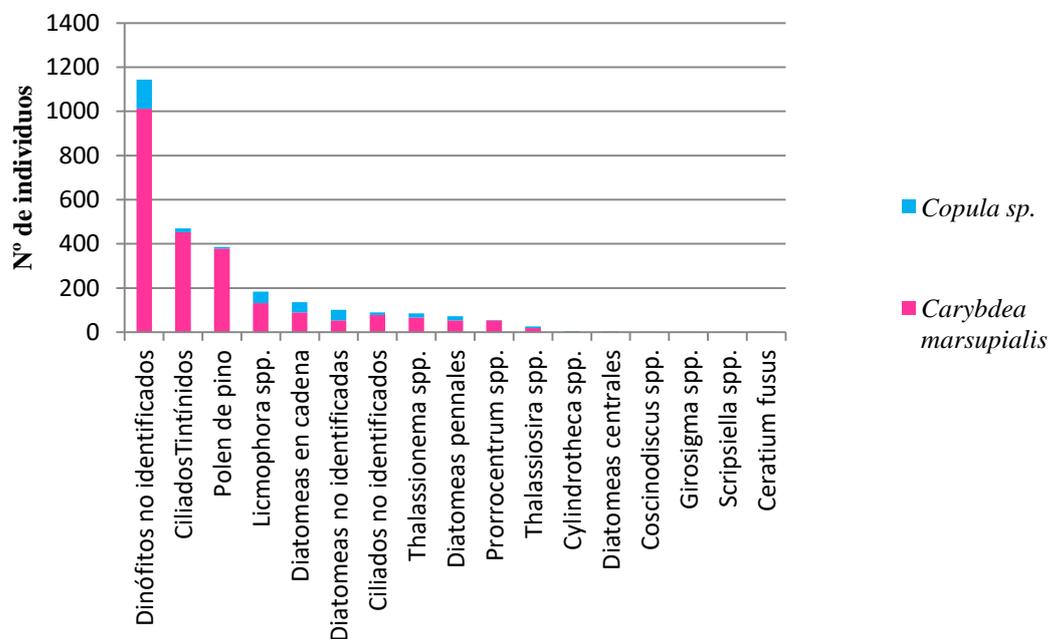


Fig 4 Comparación de contenidos gástricos entre *Copula* sp. y *Carybdea marsupialis*.

Respecto a los contenidos gástricos de 38 *Carybdea marsupialis*, se identificaron los siguientes taxones ordenados de mayor a menor presencia, dinófitos no identificados 1012 individuos, ciliados tintínidos 452 individuos, 379 granos de polen de pino, *Licmophora* spp. 131 individuos, diatomeas en cadena 90 individuos, ciliados no identificados 78 individuos, *Thalassionema* spp. 66 individuos, diatomeas no identificadas 54 individuos, diatomeas pennales 53 individuos, *Prorocentrum* spp. 53 individuos, *Thalassiora* spp. 19 individuos, diatomeas centrales 3 individuos, *Coscinodiscus* spp. 2 individuos, *Scropsiella* spp. 2 individuos, *Cylindrotheca* spp. 1

individuo, *Ceratium fusus* 1 individuo, *Gyrosigma* spp. no tuvo representación en los estómagos de las *Carybdea marsupialis* muestreadas en Dénia y Campello (Fig 4).

Por último, los contenidos gástricos de 37 *Copula* sp., se encontraron de mayor a menor presencia, dinófitos no identificados 132 individuos, *Licmophora* spp. 53 individuos, diatomeas no identificadas 47 individuos, diatomeas en cadena 46 individuos, diatomeas pennales 20 individuos, *Thalassionema* spp. 20 individuos, ciliados tintínidos 18 individuos, ciliados no identificados 12 individuos, *Thalassiora* spp. 7 individuos, 7 granos de polen de pino, *Cylindrotheca* spp. 3 individuos, *Gyrosigma* spp. 2 individuos, *Prorocentrum* spp. 2 individuos, y *Coscinodiscus* spp., diatomeas centrales, *Scropsiella* spp. y *Ceratium fusus* no tuvieron representación en los estómagos de las *Copula* sp. y las *Carybdea marsupialis* muestreadas en Campello (Fig 4).

4.4 Individuos/m³ de Zooplancton de Dénia y Campello:

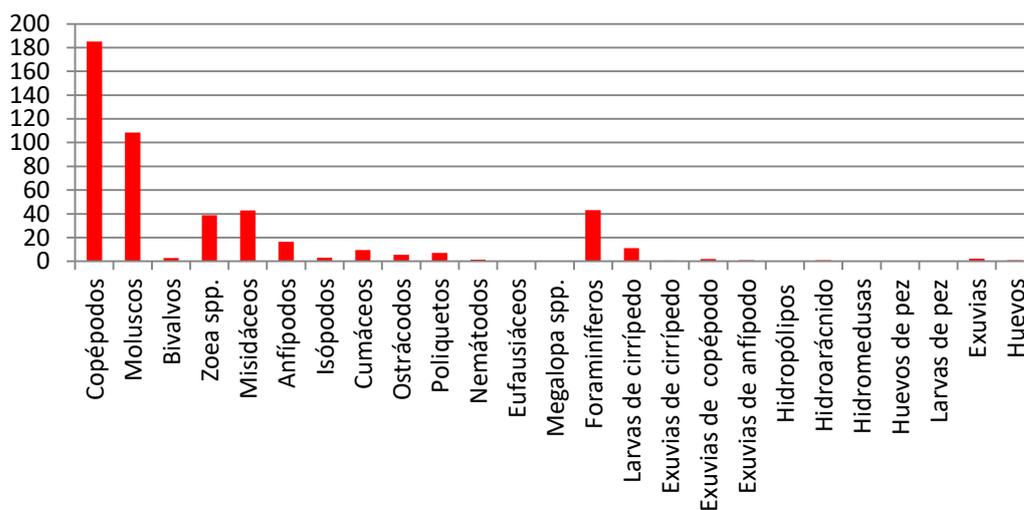


Fig 5 Individuos/m³ de Zooplancton de Dénia y Campello.

Los copépodos (185), los moluscos (108), los foraminíferos (43), los misidáceos (43), *Zoa* spp. (39), anfípodos (16), larvas de cirrípedo (14), cumáceos (10), poliquetos (9), ostrácodos (5), exuvias de copépedo (5), exuvias de anfípodo (4), exuvias (4), bivalvos (4), isópodos (3), huevos (3), nematodos (2), *Megalopa* spp. (2), hidroarácnidos (2), exuvias de cirrípedo (2), eufausiáceos (1), hidromedusas (1), larvas de pez (1) y por ultimo huevos de pez e hidropólipos con un valor de 0 individuos por metro cúbico al no llegar a 1 (Fig 5).

4.5 Comparación de individuos/m³ de zooplancton entre Denia y Campello

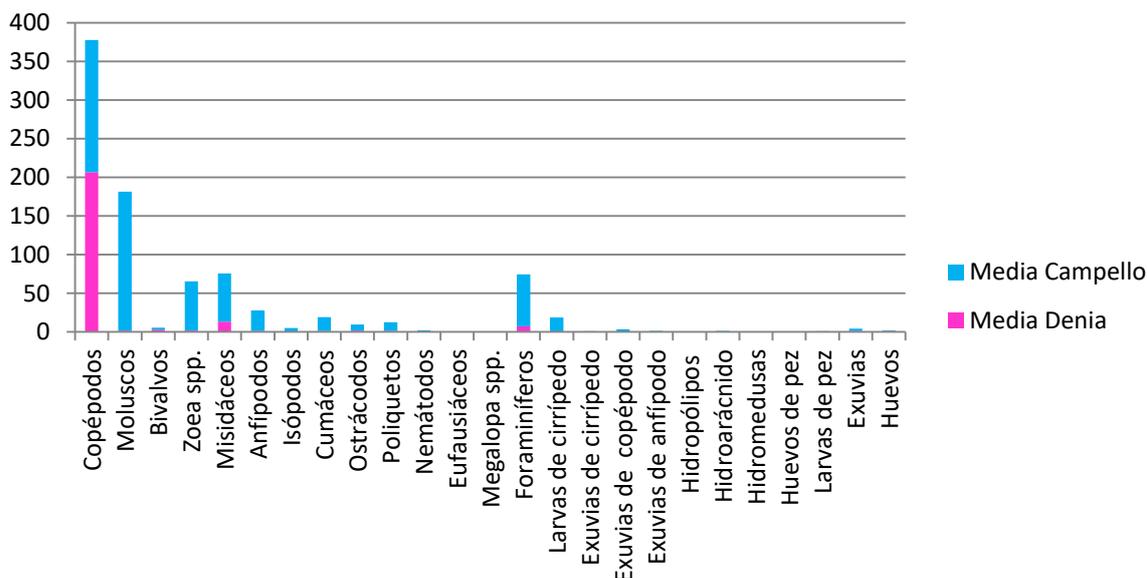


Fig 6. Comparación de individuos/m³ de zooplancton entre Dénia y Campello.

La media del zooplancton en Denia de mayor a menor representación es de 207 copépodos, 14 misidáceos, 7 foraminíferos, 3 bivalvos, 2 moluscos, 2 *Zoea* spp., 2 anfípodos, 2 cumáceos, 2 ostrácodos, 2 poliquetos, 2 exuvias, 2 huevos, 1 isópodo, 1 exuvia de cirrípedo y una larva de pez, la media de los demás grupos, que no llegan a un individuo por m³, serían nematodos, eufausiáceos, *Megalopa*, larvas de cirrípedo, exuvias de copépodo, exuvias de anfípodo, hidropólipos, hidroarácnidos, hidromedusas y huevos de pez (Fig 6).

Por su parte, la media del zooplancton en Campello, de mayor a menor representación es de 179 moluscos, 171 copépodos, 67 foraminíferos, 63 *Zoea* spp., 62 misidáceos, 26 anfípodos, 19 larvas de cirrípedo, 18 cumáceos, 11 poliquetos, 8 ostrácodos, 5 isópodos, 3 bivalvos, 3 exuvias, 3 exuvias de copépodo, 2 nematodos, 1 huevo, 1 exuvia de cirrípedo, 1 *Megalopa* spp., 1 exuvia de anfípodo, 1 hidroarácnido, y la media de los demás grupos, que no llegan a un individuo por m³, serían eufausiáceos, hidropólipos, hidromedusas larvas y huevos de pez (Fig 6).

4.6 Células por litro de fitoplancton del agua de mar de Dénia y Campello:

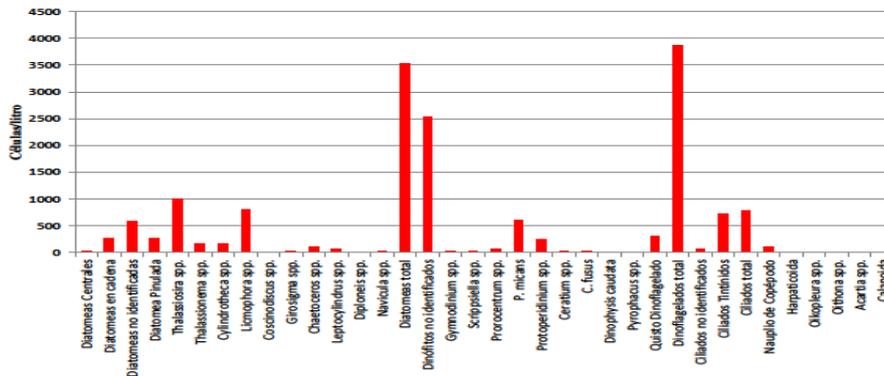


Fig 7. Media en células por litro de fitoplancton del agua de mar de Dénia y Campello.

Respecto a la media de la composición fitoplanctónica de todas las muestras recogidas, en las diferentes estaciones de muestreo, se encontraron los siguientes individuos por litro de cada taxón, 3874 en dinoflagelados total, 3528 en diatomeas total, 2531 en dinofitos no identificados, 994 en *Thalassiosira* spp., 812 en *Licmophora* spp., 791 en ciliados total, 729 en ciliados tintinidos, 597 en *P.micans*, 583 en diatomeas no identificadas, 308 en quistodinoflagelados, 271 diatomeas en cadena, 269 diatomeas pinnuladas, 243 en *Protopteridinium* spp., 173 en *Thalassionema* spp., 164 en *Cylindrotheca* spp., 116 en nauplios de copépodo, 102 en *Chaetoceros* spp., 73 en *Prorocentrum* spp., 64 en *Leptocylindrus* spp., 62 en ciliados no identificados, 33 en *Scropsiella* spp., 30 en *Gyrodinium* spp., 29 en *Gymnodinium* spp., 26 diatomeas centrales, 22 en *Navicula* spp., 22 en *Ceratium* spp., 22 en *Ceratium fusus*, 17 en *Oithona* spp., 16 en harpacticoida, 13 *Coscinodiscus* spp., 9 en *Pyrophacus* spp., 7 en *Dinophysis caudata*, 2 en *Diploneis* spp., 2 en *Oikopleura* spp., 2 en *Acartia* spp., y por último, 2 en Calanoida (Fig 7).

4.7 Comparación en células por litro de fitoplancton del agua de mar de Dénia y Campello:

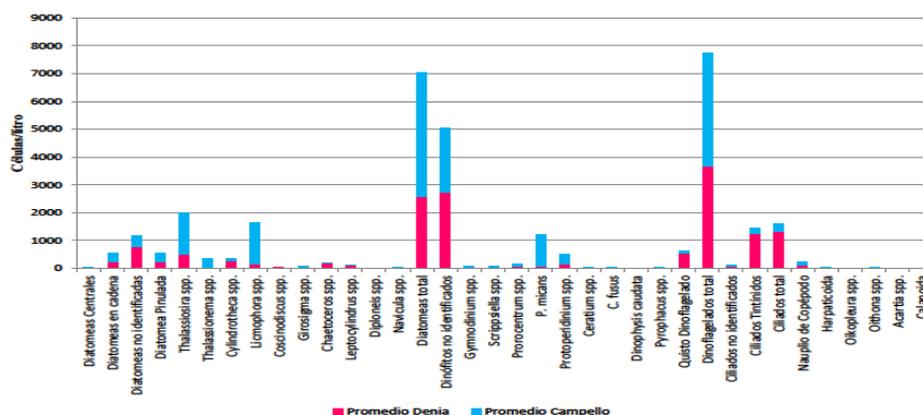


Fig 8. Comparación en células por litro de fitoplancton del agua de mar de Dénia y Campello.

La media de la composición fitoplanctónica de todas las muestras en Dénia, en las diferentes estaciones de muestreo, fué de los siguientes individuos por litro de cada taxón, 3680 en dinoflagelados total, 2716 en dinófitos no identificados, 2573 en diatomeas total, 1302 en ciliados total, 1227 en ciliados tintínidos, 787 en diatomeas no identificadas, 538 en quistodinoflagelados, 489 en *Thalassiosira* spp., 271 en *Cylindrotheca* spp., 236 diatomeas pinnuladas, 227 diatomeas en cadena, 187 en *Chaetoceros* spp., 160 en *Licmophora* spp., 156 en *Protopteridinium* spp., 111 en *Leptocylindrus* spp., 107 en nauplios de copépodo, 80 en *P.micans*, 76 en ciliados no identificados, 67 en *Prorocentrum* spp., 44 en *Scropsiella* spp., 40 en *Navicula* spp., 27 *Coscinodiscus* spp., 27 en *Oithona* spp., 22 en *Gyrosigma* spp., 22 en *Gymnodinium* spp., 22 en harpacticoida, 22 en *Ceratium* spp., 18 en *Ceratium fusus*, 18 diatomeas centrales, 13 en *Pyrophacus* spp., 4 en *Dinophysis caudata*, 4 en *Oikopleura* spp., y en los siguientes taxones, la media no llega a un individuo por m³, en *Diploneis* spp., en *Acartia* spp., Calanoida y *Thalassionema* spp (Fig 8).

Por su parte, la de todas las muestras en Campello, en las diferentes estaciones de muestreo, nos da los siguientes individuos por litro de cada taxón, 4482 en diatomeas total, 4069 en dinoflagelados total, 2347 en dinófitos no identificados, 1500 en

Thalassiosira spp., 1464 en *Licmophora* spp., 1113 en *P.micans*, 380 en diatomeas no identificadas, 347 en *Thalassionema* spp., 316 diatomeas en cadena, 302 diatomeas pinnuladas, 331 en *Protoperidinium* spp., 280 en ciliados total, 231 en ciliados tintínidos, 124 en nauplios de copépodo, 80 en *Prorocentrum* spp., 78 en quistodinoflagelados, 58 en *Cylindrotheca* spp., 49 en ciliados no identificados, 38 en *Gyrosigma* spp., 36 en *Gymnodinium* spp., 33 diatomeas centrales, 27 en *Ceratium fusus*, 22 en *Ceratium* spp., 22 en *Scripsiella* spp., 18 en *Chaetoceros* spp., 18 en *Leptocylindrus* spp., 9 en harpacticoida, 0 *Coscinodiscus* spp., 4 en *Pyrophacus* spp., 9 en *Dinophysis caudata*, 7 en *Oithona* spp., 4 en *Diploneis* spp., 4 en *Navicula* spp., 4 en Calanoida, 4 en *Acartia* spp., y por último en *Oikopleura* spp. no llega a un individuo por m³ (Fig 8).

4.8 Análisis de contenidos gástricos de cubomedusas:

Método de Costello:

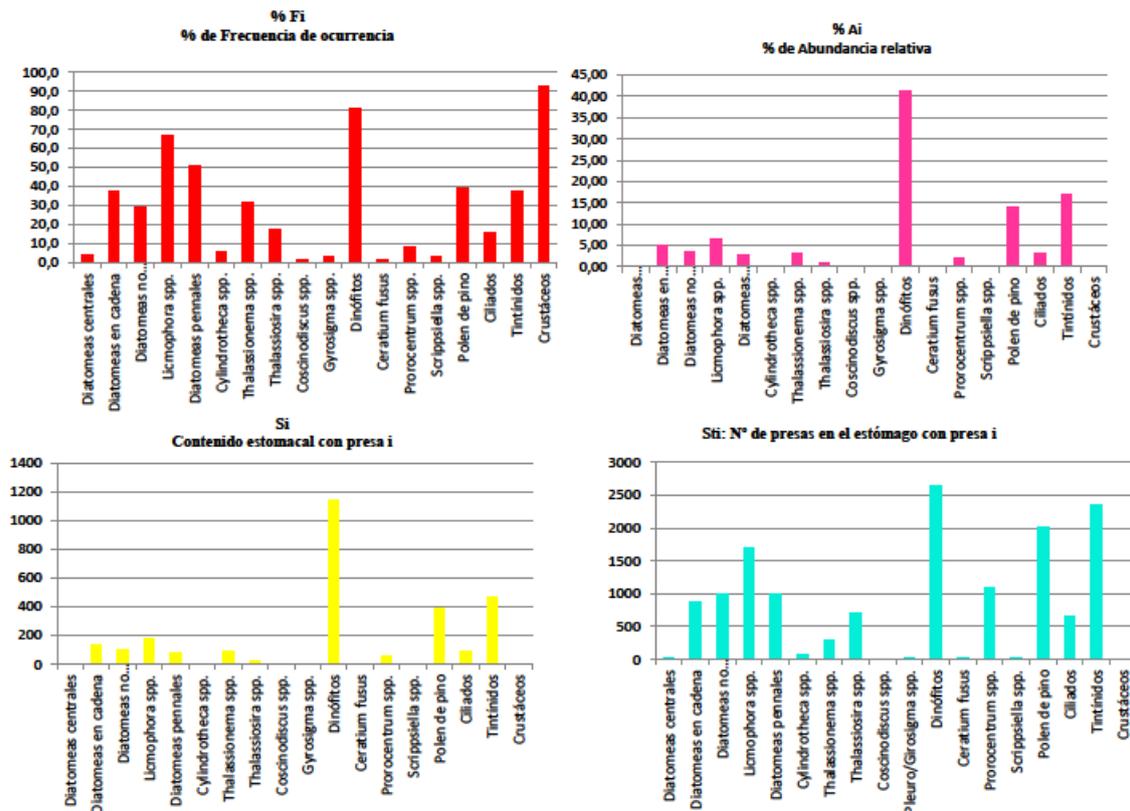


Fig 9. Parámetros utilizados por Costello y Amundsen.

Los crustáceos encontrados en el interior de los contenidos gástricos de las cubomedusas, estaban en forma de trozos, por lo que no se pudieron contar como

unidades. En este caso, como lo que contamos es el número de depredadores con ese taxón en su estómago, el resultado de una frecuencia de ocurrencia elevada, sin embargo con las siguientes ecuaciones, no se verán representados, ya que no fue posible contar el número concreto de crustáceos.

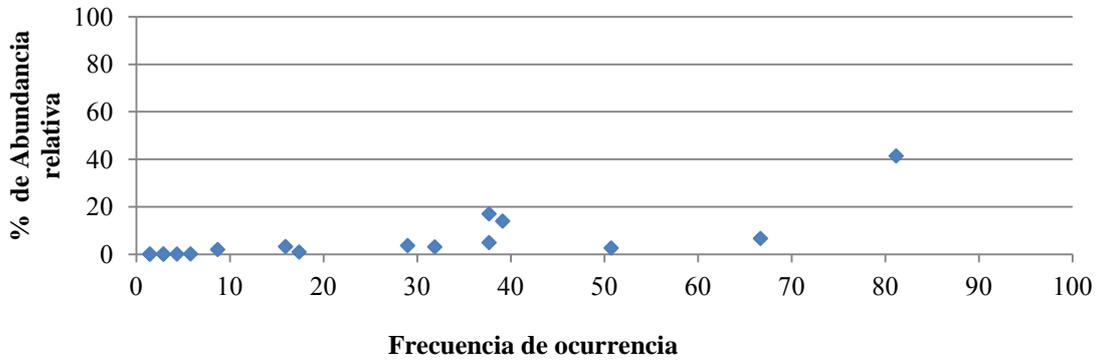


Fig 11. Relación de la abundancia relativa con la frecuencia de ocurrencia a partir de los datos obtenidos.

De estos resultados, podemos inferir que la dieta de *Carybdea marsupialis* y *Copula spp.* es generalizada, y que consumen diferentes taxones de presas de manera esporádica, siendo la importancia de la presa rara (Fig 11).

Método de Costello mejorado por Amundsen:

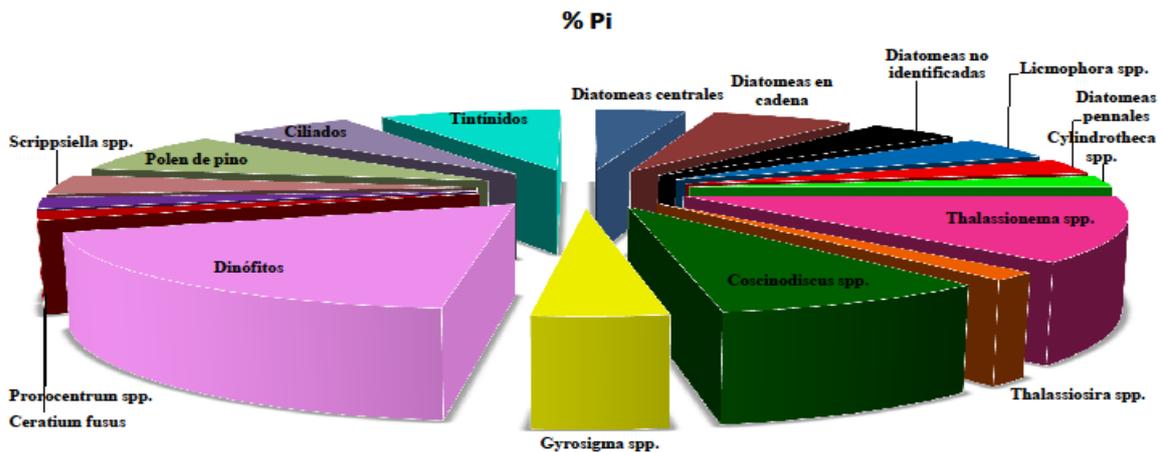


Fig 12 Abundancia de presa específica a partir de los datos obtenidos.

La figura 12 representa la abundancia de presas específicas contra la frecuencia de ocurrencia en un gráfico bidimensional.

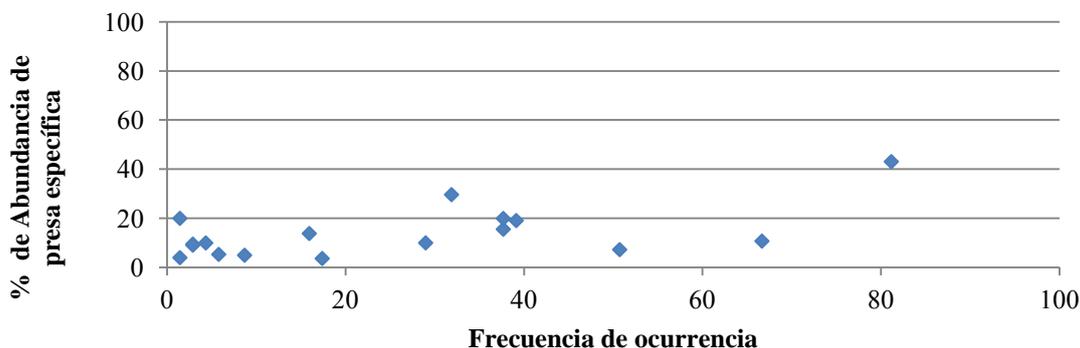


Fig 13 Relación de la abundancia de presa específica con la frecuencia de ocurrencia a partir de los datos obtenidos.

Los resultados de la figura 13 indican una estrategia de alimentación generalizada, en la que varios taxones de presas son consumidos ocasionalmente, y como no hay puntos de presa en la parte superior derecha del diagrama (Fig 13), y todas las presas están situadas a lo largo o debajo de la diagonal desde la parte superior izquierda hasta la parte inferior derecha, la población de depredadores tiene un amplio ancho de nicho. Diferentes individuos, se especializan en diferentes tipos de recursos.

4.9 Análisis del Mesozooplancton y macrozooplancton en agua:

Dado que en los contenidos gástricos de las cubomedusas no se encontró ni mesozooplancton ni macrozooplancton (Sólo un misidáceo y restos de crustáceos), no podemos establecer comparación o preferencias comparando el contenido estomacal y el contenido en el agua de mar. Se calculó el porcentaje de individuos por metro cúbico de agua de mar, copépodos 38%, moluscos 22%, foraminíferos 8%, misidáceos 8%, *Zoea* spp. 8%, anfípodos 3%, larvas de cirrípedo 2%, cumáceos 1%, poliquetos 1%, ostrácodos 1%, los demás grupos no llegaron a un 1% de representación en un m³, siendo exuvias de copépodo, exuvias de anfípodo, exuvias, bivalvos, isópodos, huevos, nematodos, *Megalopa* spp., hidroarácidos, exuvias de cirrípedo, eufausiáceos, hidromedusas, larvas de pez, huevos de pez e hidropólipos.

4.10 Análisis de fitoplancton:

Hipótesis de Chesson:

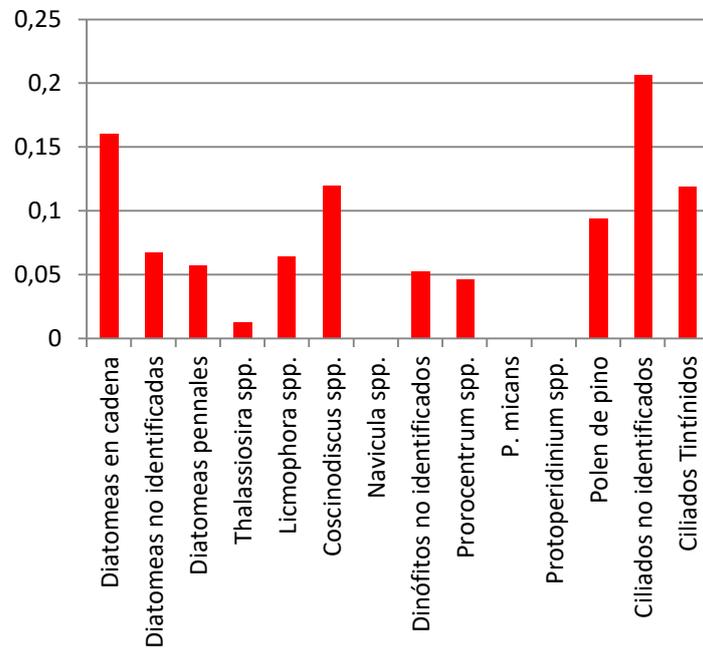


Fig 14 Índice de selectividad de Chesson a partir de los datos obtenidos.

Según la hipótesis de Chesson, las cubomedusas muestran una clara preferencia por el grupo de los ciliados, seguido de las diatomeas y de los dinófitos. También nos indica preferencia por el polen de pino, aunque en las medusas de Campello tuvo muy poca representación (Fig 14).

4.11 Preferencias de presas:

En los contenidos gástricos de las cubomedusas enviadas a Portugal, no se encontró ni mesozooplancton ni macrozooplancton, por este motivo la comparación se realizó entre el fitoplancton, meso y microzooplancton presentes en los contenidos gástricos, y los presentes en el agua (Fig 15).

La composición de zooplancton y fitoplancton en el agua, comparada con el interior de los contenidos gástricos de las cubomedusas:

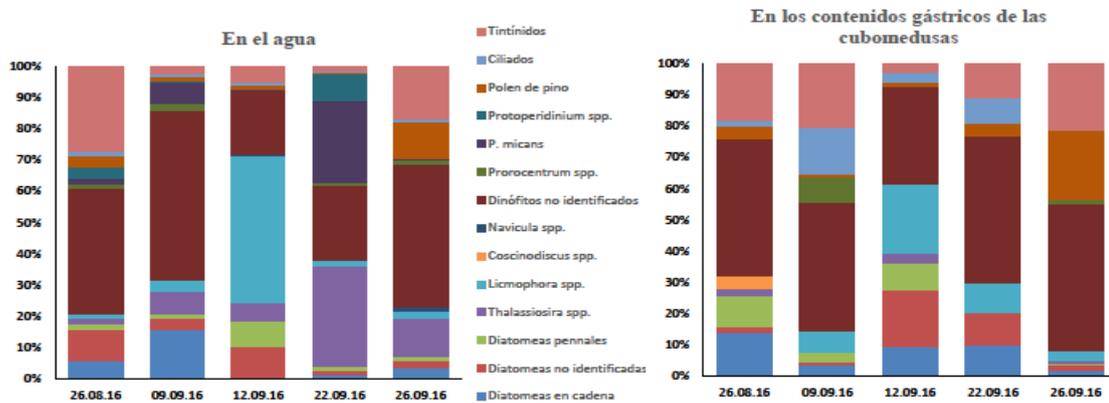


Fig 15 Fitoplancton, meso y microzooplancton presentes en los contenidos gástricos y en el agua de mar.

Selectividad de Pearre:

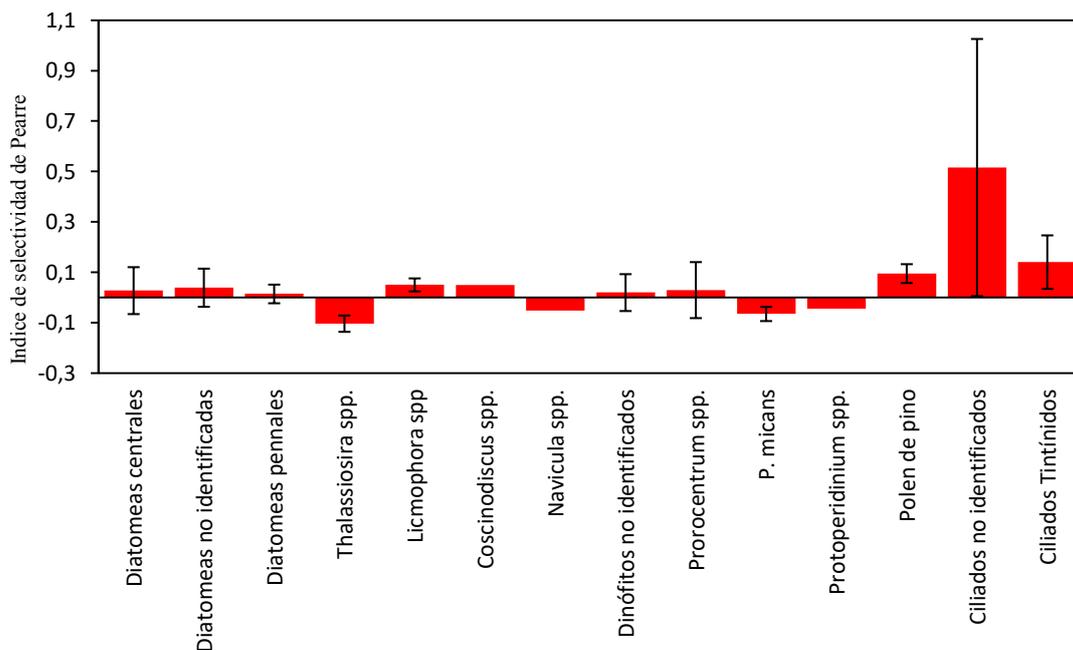


Fig 16 Índice de selectividad de Pearre con los datos obtenidos.

En la figura 16 se observa que las cubomedusas seleccionan ciliados en general, los no identificados y los tintínidos, además prefieren evitar algunos tipos de diatomeas como *Thalassiosira* spp. y *Navicula*. También se observa que evitan a los dinófitos *Prorocentrum micans* y *Protoberidinium* spp (Fig 16).

5.Discusión

Los copépodos son las presas más abundantes en el estómago de las *Carybdea marsupialis* representando un 14%, seguidos de los gammáridos 11,1% e isópodos 3,4%, los poliquetos y larvas de peces tienen frecuencias bajas en el interior de los estómagos (Acevedo et al., 2017), sin embargo, tras analizar el contenido gástrico de 75 cubomedusas mediante microscopio invertido, no podemos establecer una comparación, ya que no se encuentra meso ni macrozooplancton, salvo un misidáceo, una hipótesis, es que esta técnica no sea válida para la observación de este tipo de presa, y otra, que a pesar de la rapidez con la que se fijaron las muestras, el meso y el macrozooplancton, ya estaban parcial o totalmente digeridos. Un 13,3% de las cubomedusas fueron fijadas en formol en el laboratorio por lo que parte de sus contenidos gástricos se pudieron digerir durante el transporte de las muestras.

Los crustáceos constituyen la mayor parte de la dieta de *Carybdea marsupialis* (Acevedo et al., 2017), en el 88% de los estómagos de las cubomedusas muestreadas, aparecieron trozos de crustáceo, que tampoco se pudieron cuantificar como individuos, en el estudio de Acevedo et al., los exoesqueletos de crustáceo digerido se encontraron en el 9,7% de los estómagos (Acevedo et al., 2017). El 6,7% de los estómagos de las cubomedusas muestreadas, no contenía plancton de ningún tipo, en el estudio realizado por Acevedo, el 51,1% no tenía contenido gástrico (Acevedo et al., 2017), pero en este caso no podemos afirmar que no hubiese microplancton, ya que con la técnica que se utilizó no es posible observarlo.

Los grupos de meso y macrozooplancton presente en el agua de mar, que más representación tuvieron fueron copépodos, moluscos, foraminíferos, misidáceos y *Zoea* spp. En cuanto a la composición fitoplanctónica dinoflagelados, diatomeas y dinófitos.

Según el método de Costello (Costello, 1990), la dieta de *Carybdea marsupialis* y *Copula* sp. es generalizada, consumen diferentes taxones de presas de manera esporádica, la importancia de la presa es rara. La población de depredadores tiene un

amplio ancho de nicho, diferentes individuos, se especializan en diferentes tipos de recursos. La corrección que Amundsen realizó al modelo de Costello (Amundsen et al., 1996), indica que utilizan muchos tipos de recursos simultáneamente.

Según la hipótesis de Chesson (Chesson, 1983), las cubomedusas muestran preferencia por el grupo de los ciliados, seguido de las diatomeas y de los dinófitos. Sin embargo, además de que el índice de selección no tiene un valor muy alto, los ciliados, diatomeas y dinófitos presentan uno de sus picos de abundancia en Otoño (Pradell, 2012), lo que apoya la teoría de que las cubomedusas tienen una alimentación generalista, adaptándose a las presas presentes en el medio. La hipótesis de Chesson (Chesson, 1983), también nos indica preferencia por el polen de pino, aunque en las medusas de Campello tuvo muy poca representación, esto puede ser debido a la abundancia de pinos en las laderas del Montgó, parque natural situado muy cerca de la costa de Dénia. Estudios en los que han encontrado meso y macrozooplancton en *Carybdea marsupialis*, usando el índice de selectividad de Chesson (Chesson, 1983), revelan que los copépodos fueron la única presa seleccionada positivamente durante el día, mientras que los gammáridos y los misidáceos fueron preferidos durante la noche (Acevedo et al., 2017). Con el objetivo de observar patrones de captura de presas, comparando presas bentónicas y de la columna de agua, se realizó un experimento incluido en el anexo (Anexo Experimento 1).

El resultado de aplicar índice de selectividad de Pearre (Pearre, 1982) a los datos obtenidos, indica una selección positiva hacia los ciliados, y una selección negativa hacia algunos géneros de diatomeas como *Thalassiosira* spp. y *Navicula* además de hacia algunos dinófitos como *Prorocentrum micans* y *Protooperidinium* spp.

Al no haberse realizado estudios de microzooplancton y fitoplancton en *Carybdea marsupialis* y *Copula* sp. comparamos los resultados con los obtenidos del examen de contenidos gástricos de la hidromedusa, *Blackforbia virginica*, en la que se observó que aunque los copépodos son los más disponibles y aparentemente el tipo de presa más consumida, las siguientes presas más consumidas fueron las diatomeas, además se encontraron ciliados (Morais et al., 2015). La materia orgánica particulada contribuye a incrementar la biomasa y puede contribuir en la formación de blooms de medusas (Morais et al., 2017).

En el caso de los muestreos nocturnos, al atraer las medusas mediante focos sumergidos, no se recopilaron datos sobre el número de vueltas de flujómetro, la constante de flujómetro, el tiempo arrastrado y el área de manga.

Los resultados de un estudio realizado en la zona de Denia muestran que no existe relación directa entre la abundancia de *Carybdea marsupialis* y la abundancia, biomasa y calorías del zooplancton (Carbonell, 2016), esto apoya la teoría de que el microzooplancton juega un papel importante en la dieta de cubomedusas. El agua de mar entra de forma pasiva en el interior de la cavidad gástrica, y el microzooplancton, embebido en esta, entra directamente a las bolsas gástricas, donde es digerido involuntariamente (Anexo experimento 2 y experimento 3). Hay que incluir el microzooplancton y el fitoplancton en las redes tróficas asociadas a cubomedusas, además de estudiar a fondo su contribución a la dieta.

Con la intención de estudiar determinados aspectos relacionados con la ecología de las cubomedusas, y explicar determinadas cuestiones del presente trabajo se realizaron tres experimentos incluidos en el anexo, dos de ellos para evaluar el sistema de pulsación y entrada de agua en la cavidad gástrica de las cubomedusas, ya que inferimos que puede estar relacionado además, con una función alimentaria, (Anexo, Experimento 2 y Experimento 3) y el tercer experimento para observar patrones de captura de presas, comparando presas bentónicas y de la columna de agua. (Anexo Experimento 1).

6.Conclusiones

Las cubomedusas basan parte de su alimentación en microplancton, principalmente de dinófitos ciliados y diatomeas.

En cuanto a microplancton, *Carybdea marsupialis* se alimenta mayoritariamente de dinófitos, además de ciliados y diatomeas, *Copula sp.* de dinófitos y diatomeas, los ciliados tienen poca representación en sus contenidos gástricos.

La comunidad zooplanctónica de Dénia mayoritariamente está constituida por copépodos, seguida de misidáceos y foraminíferos, la de Campello es más diversa en cuanto a individuos por m³ y está constituida de moluscos, copépodos, foraminíferos, *Zoea spp*, misidáceos y anfípodos.

Comparando la comunidad fitoplanctónica de Dénia y Campello, ambas tienen una alta concentración en células por litro de dinoflagelados y de diatomeas. En Denia hay más ciliados que en Campello.

Agradecimientos:

A mi pareja, familia y amigos por su apoyo y paciencia, a Eva Fonfría por su ayuda desinteresada, a Carlos de Juan Carbonell y Sara Manchado por acompañarme en la recogida de muestras y a César Bordehore por darme la oportunidad de haber vivido esta experiencia.

7.Referencias bibliográficas

Acevedo, M. (2017). Trophic ecology and potential predation impact of *Carybdea marsupialis* (Cnidaria: Cubozoa) in the NW Mediterranean. Submitted.

Acevedo MJ, Fuentes VL, Belmar MB, Canepa A, Toledo-Guedes K, Bordehore C, Calbet. A (2012). Day-night variation in the feeding habits of the box jellyfish *Carybdea marsupialis* (Cnidaria: Cubozoa) in the Western Mediterranean. In: International Symposium of Marine Sciences (ISMS). Universidad de Cádiz, Spain.

- Amundsen P.A., Gabler H.M., & Staldvik F.J. (1996). A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data. Modification of the Costello (1990) method. *Journal of fish biology* 48, 607-614.
- Bordehore C, Fuentes VL, Atienza D, et al (2011). Detection of an unusual presence of the cubozoan *Carybdea marsupialis* at shallow beaches located near Dénia, Spain (south-western Mediterranean). *Mar Biodivers Rec* 4:e69.
- Bordehore, C. (2014). Studies on the ecology of *Carybdea marsupialis* (Cubozoa) and jellyfish sting risk management. Tesis doctoral. Universidad de Alicante, 185pp.
- Bordehore C, Fuentes VL, Segarra JG, et al (2015). Use of an Inverse Method for Time Series to Estimate the Dynamics of and Management Strategies for the Box Jellyfish *Carybdea marsupialis*. *PLoS One* 10:e0137272.
- Calbet, A., Garrido, S., Saiz, E., & Alcaraz, M. (2001). Annual zooplankton succession in coastal NW Mediterranean waters: the importance of the smaller size fractions. *Journal of Plankton Research*, 23(3), 319-331.
- Carbonell (2016). Relación entre el zooplancton y *Carybdea marsupialis* (L.) (Cubozoa) mediante observaciones de campo y laboratorio. Trabajo de Fin de Master. Universidad de Cádiz.
- Chesson J., (1983). The estimation and analysis of preference and its relationship to foraging models. *Ecological society of America. Ecology*, 64 (5), 1297-1304.
- Costello, M.J., (1990). Brief Communications. Predator feeding strategy and prey importance: a new graphical analysis. *J. Fish Biol.* 36, 261-263.
- Dussart B.H., (1965) Les différentes catégories de plancton. *Hydrobiologia* 26: 72-74.
- Frandsen, K. T., & Riisgard, H.U. (1997). Size dependent respiration and growth of jellyfish, *Aurelia aurita*. 82:307–312.
- Kingsford, M. J., & Mooney, C. J. (2014). The ecology of box jellyfishes (Cubozoa). K.A. Pitt and C.H. Lucas (eds.) *Jellyfish Blooms* 267–302.

- Larson R.J. (1976). Cubomedusae: Feeding, functional morphology, behavior and phylogenetic position. In: Mackie GO (ed) Coelenterate Ecology and Behavior. International Symposium on coelenterate Biology. Springer US 237-245.
- Morais, P., Dias, E., Cruz, J., Angélico, M. M., Chainho P., Costa J., Barbosa, A.B. & Teodósio, M. A. (2017). Particulate organic matter complements the food sources of an estuarine jellyfish. *Journal of Plankton Research*. Submitted.
- Morais, P., Parra, P.M., Marques, R., Cruz, J., Angélico, M. M., Chainho, P., Costa, J.L., Barbosa, A.B. & Teodósio, M. A. (2015). What are jellyfish really eating to support high ecophysiological condition? *Journal of Plankton Research* 37(5): 1036-1041.
- Nogueira Júnior M, Haddad M (2008). The diet of cubomedusae (Cnidaria, cubozoa) in southern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography* 56:157-164.
- Pearre J.R. (1982). Estimating prey preference by predators: Uses of various indices, and a proposal of another based on χ^2 . *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39:914-923.
- Pradell, M. (2012). Variación mensual de la comunidad microplanctónica de la costa de Dénia (Alicante) y su posible relación con las proliferaciones masivas de la cubomedusa *Carybdea marsupialis*. Trabajo de Fin de Máster. Universidad de Barcelona - ICM (CSIC).
- Purcell, J. E., Fuentes, V., Atienza, D., Tilves, U., Astorga, D., Kawahara, M., & Hays, G. C. (2010). Use of respiration rates of scyphozoan jellyfish to estimate their effects on the food web. *Hydrobiologia* 645: 135–152.
- Purcell E.J. & Arai M., (2001). Interactions of pelagic cnidarians and ctenophores with fish: a review. *Hydrobiologia* 451: 27-44.
- Stoecker, D. K., Verity, P. G., Michaels, A. E., & Davis, L. H. (1987). Feeding by larval and post-larval ctenophores on microzooplankton. *Journal of Plankton Research* 9(4), 667–683.