



**Universitat**  
de les Illes Balears



## **TRABAJO DE FIN DE MÁSTER**

# **ESTRUCTURA POBLACIONAL, ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE *Pelagia noctiluca* DURANTE LA ÉPOCA ESTIVAL EN EL MEDITERRÁNEO NOROESTE**

**José María Disdier Gómez**

**Máster Universitario de Ecología Marina**

**Centro de Estudios de Postgrado**

**Año académico 2019-20**

# ***ESTRUCTURA POBLACIONAL, ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE *Pelagia noctiluca* DURANTE LA ÉPOCA ESTIVAL EN EL MEDITERRÁNEO NOROESTE***

**José María Disdier Gómez**

**Trabajo de Fin de Máster**

**Centro de Estudios de Postgrado**

**Universitat de les Illes Balears**

**Año académico 2019-20**

## **PALABRAS CLAVE:**

*Pelagia noctiluca*, Mediterráneo español, *bloom*, plataforma continental, campaña MEDIAS.

*Dra. Magdalena Iglesias Marroig (Tutora del TFM)*

*Dra. Ana Ventero Martín (Co-tutora del TFM)*

*Dra. Nona Sheila Agawin Romualdo (Tutora del máster)*

## Agradecimientos

En primer lugar gracias a mis tutoras, Magdalena Iglesias y Ana Ventero, por darme la oportunidad de realizar este trabajo, por todo su esfuerzo, paciencia y que siempre me han ayudado a mantener el espíritu investigador en todo momento. Gracias también a todo el equipo de la campaña MEDIAS 2020 y a la tripulación del buque oceanográfico Miguel Oliver por todo el apoyo y esfuerzo llevado a cabo, gracias al cual he conseguido obtener los resultados. También a mi familia, que han estado ahí siempre para motivarme desde el primer momento. Y por supuesto a Elia García, quien mejor me ha acompañado descubriendo la belleza y curiosidades de *Pelagia noctiluca*.



# ***ESTRUCTURA POBLACIONAL, DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE *Pelagia noctiluca* EN ÉPOCA ESTIVAL EN EL MEDITERRÁNEO NOROESTE***

## **RESUMEN**

El presente trabajo describe la población de la medusa *Pelagia noctiluca* en cuanto a su distribución geográfica, abundancia en número de individuos, distribución de frecuencias de tallas y su relación talla-peso, a lo largo de la plataforma continental del Mediterráneo español (entre la frontera con Francia y el Estrecho de Gibraltar). Además, se analizó la influencia de los parámetros ambientales temperatura y salinidad superficial en relación a su abundancia, mediante Modelos Aditivos Generalizados (GAM). Los datos analizados en este estudio se obtuvieron en las campañas MEDiterranean International Acoustic Survey (MEDIAS) realizadas en el mes de julio del año 2019 y 2020. Este estudio indicó que los ejemplares de tallas comprendidas entre 2 y 12 cm de *P. noctiluca* se encuentran en la plataforma continental durante los meses de verano presentando una mayor abundancia entre el delta del Llobregat y el cabo de Palos. Los resultados del modelo GAM indicaron que la salinidad influye, de manera significativa, en la abundancia y distribución de esta especie en esta zona. Una de las fortalezas de este estudio es la amplia cobertura espacial analizada, en comparación con trabajos anteriormente publicados. En futuras líneas de investigación complementarias podría considerarse el estudio de la predación de especies pelágicas capturadas durante la campaña MEDIAS sobre la *Pelagia noctiluca*.

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción.....	1
1.2. Distribución.....	2
1.3. Ciclo vital.....	3
1.4. Relaciones tróficas.....	7
1.5. Impacto en la sociedad.....	9
1.6. Los <i>blooms</i> o proliferaciones masivas.....	10
1.7. Campaña MEDIAS.....	14
2. OBJETIVOS.....	14
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	15
3.1 Datos biológicos.....	15
3.1.1 Estimación de parámetros biológicos.....	16
3.1.2 Profundidad y distancia.....	19
3.1.3 Experiencia de sexado.....	19
3.2 Datos de variables ambientales.....	20
3.3 Análisis de datos.....	20
3.3.1 Análisis espacial.....	20
3.3.2 Análisis estadístico.....	21
4. RESULTADOS.....	22
4.1 Abundancia de <i>Pelagia noctiluca</i> .....	22
4.2 Distribución de frecuencias de tallas.....	24
4.3 Relación talla-peso.....	24
4.4 Influencia de la profundidad y distancia a la costa en la abundancia de <i>P. noctiluca</i> .....	26
4.5 Análisis espacial.....	28
4.5. Experimento de sexado.....	32
5. DISCUSIÓN.....	33
6. TRABAJOS FUTUROS.....	36
6.1. Trofismo.....	36
6.2. Conteos visuales nocturnos.....	37
6.3. Sexado.....	37
7. CONCLUSIONES.....	38
8. BIBLIOGRAFÍA.....	39
ANEXO I:.....	42
ANEXO II:.....	43

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Descripción

La medusa *Pelagia noctiluca* (Forsskål, 1775) es un cnidario de la clase Scyphozoa, se trata de una especie que se encuentra ampliamente distribuida por el océano Atlántico y el mar Mediterráneo, donde es la medusa más común (Sabatés *et al.*, 2018). Es llamada vulgarmente “alcafeño luminiscente”, “medusa luminiscente” o “clavel”. Su nombre científico viene del griego *pelagos* (referente al mar abierto) y del latín *noctiluca* (compuesta de *nox* + *luceo*, lo que tiene luz durante la noche) debido a su capacidad bioluminiscente.

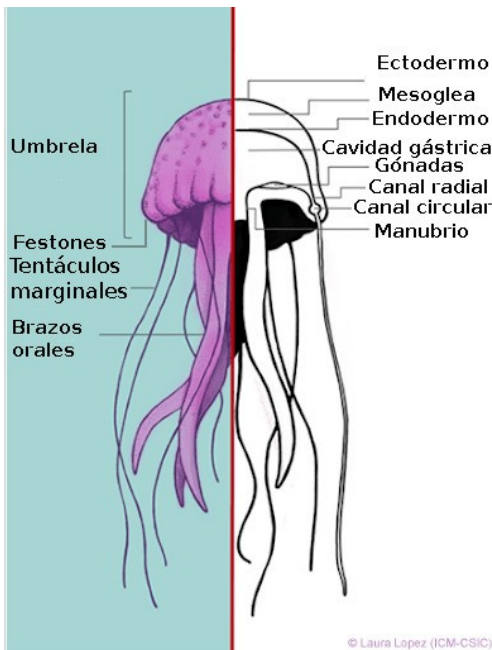


Figura 1: Esquema de la anatomía de *P. noctiluca*. Fuente ICM-CSIC

Las medusas forman parte de un grupo de organismos muy antiguos, cuyo origen se remonta a los mares del período Cámbrico, hace unos 500 millones de años (Cedeño, 2010). *P. noctiluca*, presenta una coloración rosada en adultos y marrón en juveniles. En su anatomía distinguimos tres partes principales que son: la umbrela, los brazos orales y los tentáculos marginales. (Fig. 1). La umbrela puede llegar a medir hasta 12 cm de diámetro y contiene pequeñas protuberancias de diversa morfología (Vives, 1992). También distinguimos principalmente 4 brazos orales muy largos, 16 festones marginales. entre los que se alternan las ropalias (organos sensoriales) y los 8 tentáculos marginales, *P. noctiluca* es una medusa

urticante y los cnidocitos o células urticantes se encuentran distribuidos por la umbrela, los brazos orales y en los brazos marginales (Mariottini *et al.*, 2008).

## 1.2. Distribución

En la clase Scyphozoa *P. noctiluca* destaca por ser una especie holoplanctónica, es decir, sin fase de pólipo. Esto permite que la distribución de esta medusa sea muy amplia (Ferraris *et al.*, 2012), siendo más frecuente en aguas cálidas, pero también puede encontrarse en aguas templadas y frías debido a las corrientes (Mariottini *et al.*, 2008). *P. noctiluca* se encuentra normalmente en aguas abiertas (Fig. 2) con una mayor presencia en el talud continental, debido a la acumulación de plancton. Es frecuente también en cañones, ya que el los efectos de *upwelling* y de las corrientes transportan a las medusas y les aportan nutrientes (Rosa *et al.*, 2013 y Canepa *et al.*, 2014)

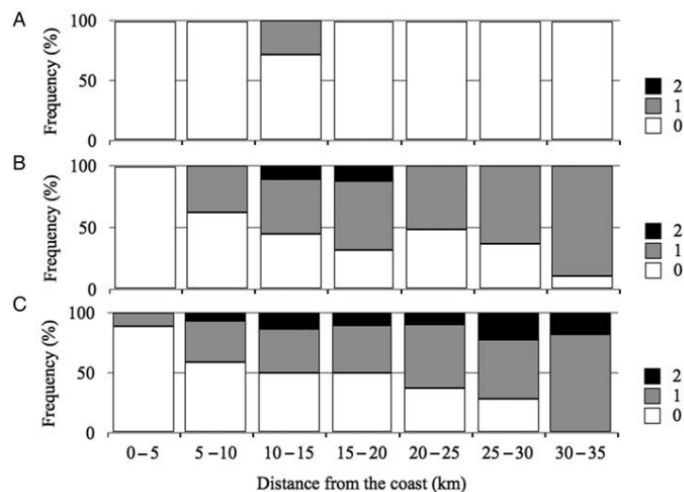


Figura 2: Abundancia de *P. noctiluca* en superficie respecto a la costa en diferentes momentos del día. A) durante el día, B) al ocaso y C) durante la noche. Ferraris *et al.* 2012.

En aguas abiertas *P. noctiluca* suele encontrarse entre la superficie y los 150 metros, aunque durante el día puede encontrarse a más profundidad, entre los 300 y 500 metros, siendo observada a una profundidad máxima de 1400 metros (Mariottini *et al.*, 2008). Durante la noche ejerce una importante migración vertical en aguas abiertas, siendo mucho más fácil de ver desde la superficie (Ferraris *et al.*, 2012). En el mar Mediterráneo es frecuente verlas en bancos entre los meses de marzo y mayo en aguas abiertas, y en verano, de junio a agosto, no es común encontrar los grandes especímenes (Mariottini *et al.*, 2008).

### 1.3. Ciclo vital

*P. noctiluca* es una especie dioica y su reproducción es puramente sexual, la hembra libera los huevos al medio y el macho el esperma. La producción de huevos es proporcional al tamaño, se estima que una hembra de 6 cm es capaz de producir 759 huevos al día y liberar 19.526 en una sola puesta (Lilley *et al.*, 2014). Una vez fecundados los huevos, el desarrollo es muy rápido, un huevo fecundado da lugar a la plánula en tan solo 48h. Ésta llega a alcanzar una talla de 0,2 mm y en condiciones favorables se transforma en éfira en 92h, de unos 0,5 mm, llegando a alcanzar los 12 mm (Fig. 3).

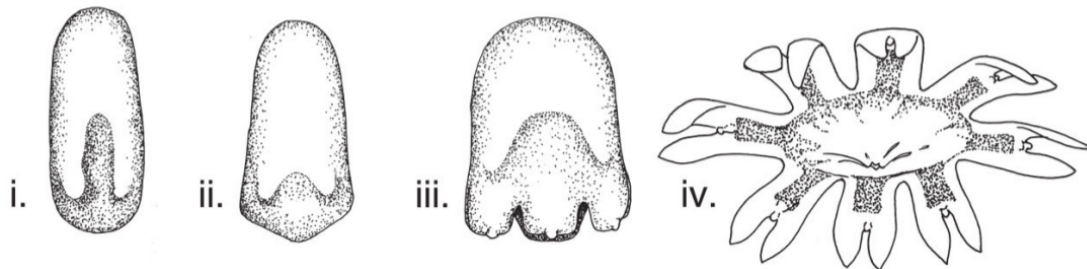


Figura 3: Desarrollo de la éfira de *P. noctiluca*. i) Plánula con desarrollo del endodermo. ii) Lava de "cuatro puntas", empieza a desarrollar 4 brazos en la epidermis oral. iii) La larva desarrolla los cuatro brazos adicionales con una pequeña ropalia. iv) Los brazos se convierten en brazos nadadores, con unos pequeños pliegues a ambos lados de la ropalia. R. Helm 2018



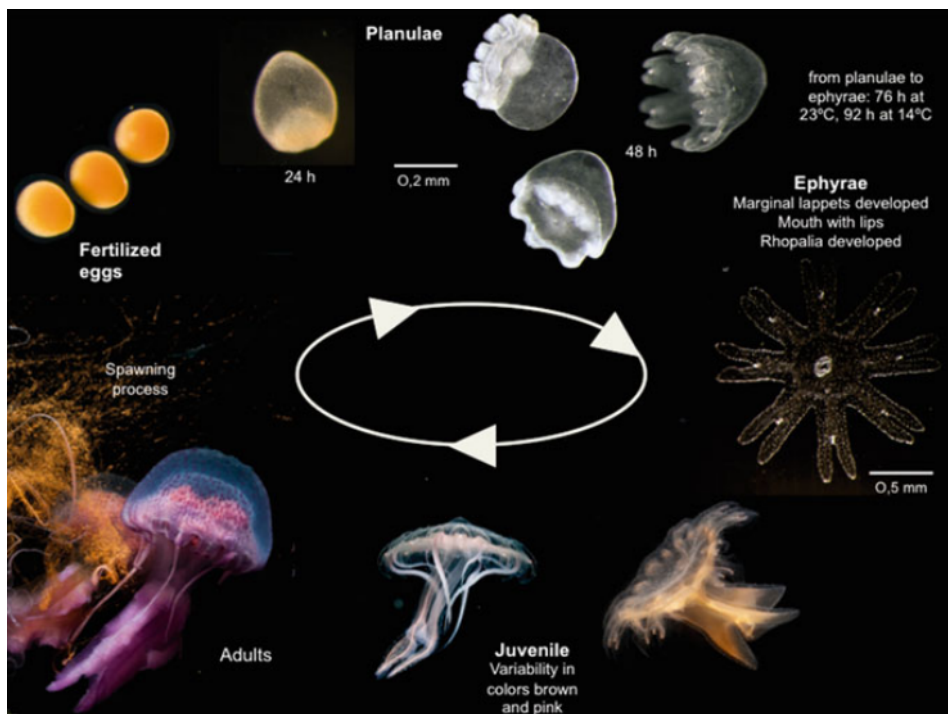


Figura 4: Esquema del desarrollo de *P. noctiluca*. Desde el huevo hasta el ejemplar adulto. Eduardo Obis Alberola 2014.

Las éfiras están más presentes en superficie (Sabatés *et al.*, 2018). Según estudios realizados para determinar la madurez de las gónadas en aguas mediterráneas (Rosa *et al.*, 2013) se considera que los machos a partir de 35 mm son fértiles y que los individuos de un tamaño de 60-70 mm puede tener alrededor de un año. En un estudio llevado a cabo en el mar Mediterráneo concretamente en el estrecho de Mesina, Italia, se observó que el desove tiene lugar en dos épocas del año, una en diciembre y otra en junio. Esto se determinó a partir del análisis molecular de las gónadas de las hembras, dado que el contenido en lípidos y proteínas disminuye en estas fechas, al igual los estados de madurez de los huevos a partir del mes de abril, véase en la (Fig. 5 y 6) (Milisenda *et al.*, 2018).

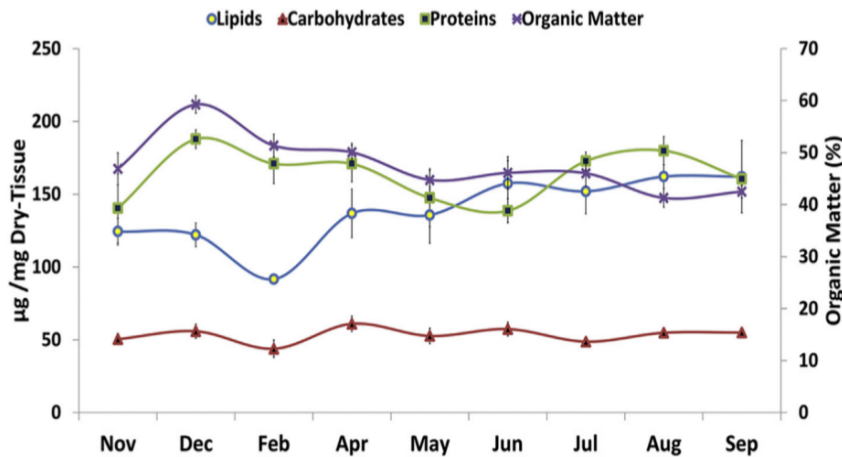


Figura 5: Análisis molecular de las gónadas de las hembras a lo largo del año. En azul “lípidos”, en rojo “carbohidratos”, en verde “proteínas” y en morado “materia orgánica” (Milisenda 2018).

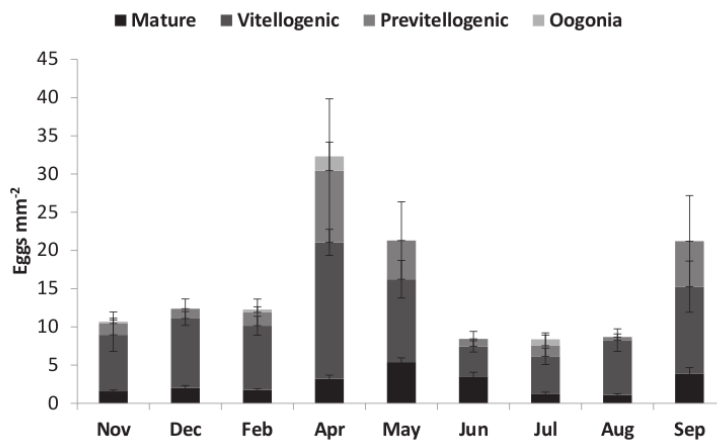


Figura 6: Estado de maduración de los huevos. Se distingue el estado maduro, vitelogénico, previtelogénico y oogonia (Milisenda 2018).

El desove tiene lugar en las aguas costeras y se produce una migración desde el talud entre marzo y mayo (Fig. 7). Durante el verano, las medusas descienden en profundidad para evitar las altas temperaturas. A la llegada del otoño se produce la mezcla de la columna de agua debido a las aguas frías de superficie, de esta manera las medusas vuelven a subir. Estos brotes de *P. noctiluca* en superficie están asociados a la reproducción. Durante los siguientes meses los jóvenes se alimentan del zooplancton e ictioplancton. (Milisenta *et al.*, 2018).

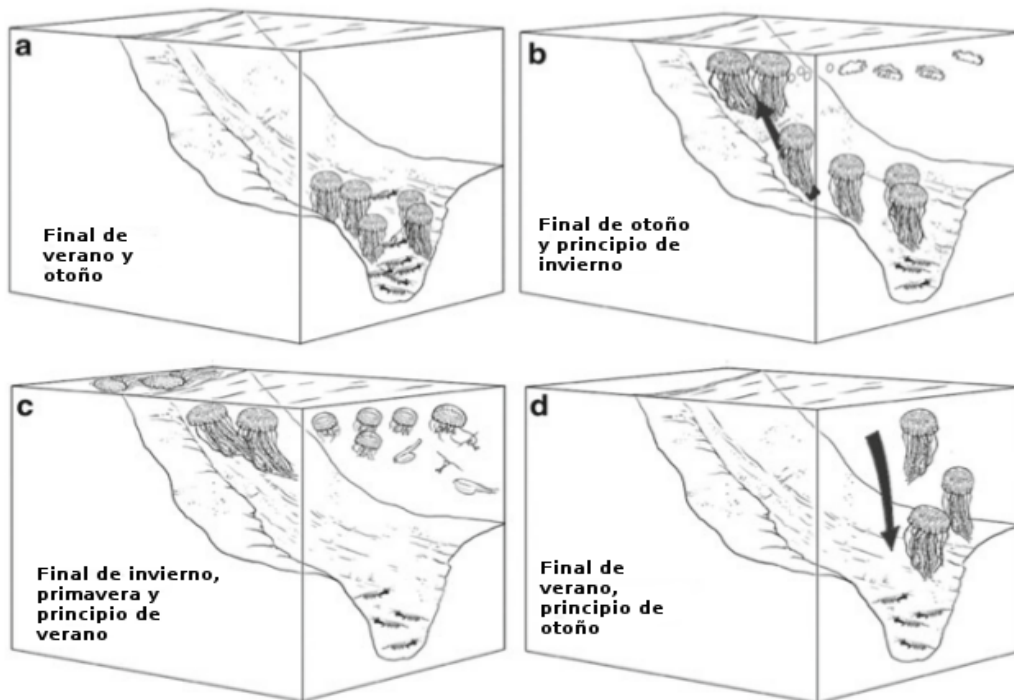


Figura 7: Esquema hipotético de la migración estacional de *P. noctiluca* (a-d) a) *P. noctiluca* pasa los meses más cálidos y fríos en aguas medias. b) A finales de otoño y principios de primavera migran hacia la superficie para reproducirse. c) En primavera y hasta principios de verano permanecen en aguas poco profundas alimentándose del bloom primaveral de plancton. d) A finales de verano y principios de otoño migran hacia aguas profundas para evitar la escasez de alimentos y las altas temperaturas. Canepa et al., 2014.

## 1.4. Relaciones tróficas

*P. noctiluca* es un organismo heterótrofo carnívoro que se alimenta principalmente de pequeños organismos marinos como crustáceos, moluscos, peces, etc. Estos organismos son cazados gracias a los tentáculos marginales y posteriormente llevados hasta la boca debido al movimiento de los cilios (Larson, 1987) (Fig. 8).

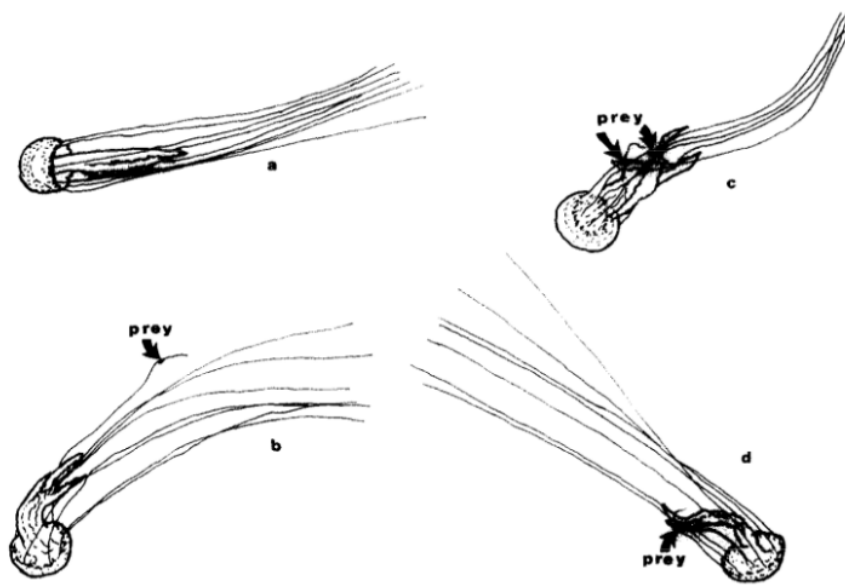


Figura 8: *P. noctiluca* cazando. A) Los tentáculos marginales se encuentran extendido en su totalidad para aumentar la superficie de captura. B) Se produce un giro y se contrae el tentáculo que atrapa a la presa. C y D) Los tentáculos estirados continúan pescando (Malej et al. 1989).

En el mar Mediterráneo *P. noctiluca* es la medusa más abundante y su presencia se ha visto incrementada en los últimos años (Sabatés et al., 2010). Este incremento conlleva una serie de impactos ecológicos y económicos al tratarse de una especie muy voraz y urticante. *P. noctiluca* puede consumir más del 50% de su peso húmedo al día (Larson, 1987). Además, es muy resistente a la escasez de alimento. Se ha demostrado que en laboratorio que es capaz de permanecer hasta 9 días sin alimento (Malej, 1989). Cuando esto sucede puede perder hasta un 85% de su masa (Lilley et al., 2014). También se ha demostrado que su metabolismo se acelera con el aumento de las temperaturas (Milisenda et al., 2018). La formación de grandes agregaciones, hacen que su impacto sea más notable, pudiendo verse afectada la economía local (Sabatés et al., 2018).

En su estado juvenil, la éfira (< 12 mm), mayoritariamente se alimenta de copépodos, aunque se ha observado que un 12% de la presas eran larvas de peces mayoritariamente mictófidios, pero también se hallaron en su contenido gástrico boquerones y espáridos (Sabatés *et al.*, 2010). Su alimentación varía durante el día y la noche debido a las migraciones verticales de zooplancton.

*P. noctiluca* es una presa fácil y su captura requiere poco gasto energético, por lo tanto muchas especies se alimentan de ella (Tabla 1). *P. noctiluca* juega un papel clave en la cadena trófica, ya que es el eslabón que conecta el pequeño zooplancton con los niveles superiores (Sabatés *et al.*, 2018). Cuando hay una gran presencia de esta medusa en la dieta de ciertas especies, sus pigmentos pasan al tracto digestivo, haciéndose reconocible su presencia debido a la coloración púrpura (Cocco *et al.*, 2010).

*Tabla 1: Principales depredadores de P. noctiluca (Milisenda et al. 2014).*

	Predator (*Parasite)	Reference
<b>Turtles</b>	Caretta caretta	Bjorndahl, 1997
	Dermochelys Coriacea	Bjorndahl, 1997
<b>Fishes</b>	Boops boops	Malej & Vukovic, 1984
	Schedophilus medusophagus	Macpherson & Roel, 1987; Costa, 1991
	Luvarus imperialis	Fitch & Lavenberg, 1968; Costa 1991
	Mola mola	Hart, 1973
	Stromateus fiatola	Haedrich, 1986
	Tetragonurus atlanticus	Haedrich, 1986
	Scomber colias	Relini et al, 2010
	Oblada melanura	Relini et al., 2010
	Tetragonurus cuvieri	Hart, 1973
<b>Crustacea</b>	Hyperiid amphipods (*)	Reviewed in Laval, 1980

La llegada en masa a la plataforma continental supone un impacto ecológico, ya que la depredación de huevos y larvas puede afectar al reclutamiento de especies de interés comercial como el boquerón (*Engraulis encrasicolus*) y el atún (*Thunus sp.*) (Rosa *et al.*, 2013). Además, compite con otras especies en la captura del zooplancton (Canepa *et al.*, 2014, y Sabatés *et al.*, 2010). Al tratarse de una especie poco selectiva y muy voraz, consume grandes cantidades de larvas, huevos y zooplancton (Milisenda *et al.*, 2018), de hecho las medusas y ctenóforos, en ciertas áreas pueden determinar el éxito o fracaso del

reclutamiento de juveniles de peces en ese año (Sabatés *et al.*, 2018). En cambio, se conocen además relaciones simbióticas con especies de la familia Carangidae, especies juveniles de peces de *Trachurus trachurus* encuentran refugio entre los tentáculos de *Pelagia noctiluca*, y además se alimentan de los restos no digeridos por esta medusa (Sabatés *et al.*, 2018).

## 1.5. Impacto en la sociedad

En primer lugar, es un problema para el sector turístico, ya que su picadura es temida por los bañistas. Al año se calcula que ocurren más de 150 millones de picaduras en el mundo (Cegolon *et al.*, 2013). *P. noctiluca* es la que causa más picaduras en el mar Mediterráneo, las cuales pueden causar eritemas, hinchazones, quemaduras y ampollas, incluso a ciertas personas puede causar problemas cardio-respiratorios (Mariottini *et al.*, 2008). Estas dolorosas heridas pueden afectar a la economía local de las zonas invadidas por esta especie (Fig. 9 y 10)



Figura 9: Bañista afectada por la picadura de *P. noctiluca* en Mallorca. Puede observarse una ampolla en el cuello. JM Disdier 2020.



Figura 10: Misma bañista dos semanas después. Presenta enrojecimiento y sensibilidad en la zona de la picadura. JM Disdier 2020.

Otro sector afectado es el de la acuicultura, debido a que ocasiona graves heridas en los peces. Esto se debe a que *P. noctiluca* presenta una bacteria, *Tenacibaculum maritimum*, que tras una picadura esta bacteria ocasiona necrosis (Marcos-López *et al.*, 2016). Algunos eventos importantes de este tipo sucedieron con el salmón en el Norte de Irlanda en 2007 o con la lubina en España en 2011. Desde 2005 se detectaron al menos 11 brotes en instalaciones de este tipo en España. La llegada masiva de medusas a las granjas marinas puede suponer la ruina para estas empresas (Fig. 11).



Figura 11: Salmones de piscifactoría, afectados por *P. noctiluca*. Presentan heridas por todo el cuerpo. Marcos-López *et al.*, 2016.

Otro impacto económico puede tener lugar en las instalaciones eléctricas. Si las medusas llegan en masa pueden bloquear los sistemas de refrigeración pudiendo causar serios problemas. Algunos casos documentados de problemas de obstrucciones de *P. noctiluca* ocurrieron entre 1977-1980 en Istria, Yugoslavia y en Malta en el año 2009 (Canepa *et al.*, 2014).

## 1.6. Los *blooms* o proliferaciones masivas

La agregación de *P. noctiluca* en bancos de miles e incluso millones de individuos es más conocida como *bloom* y se sabe que tienen una frecuencia periódica cada 11-12 años (Canepa *et al.*, 2014). Las agregaciones más comunes suelen ser de forma elíptica (de 10 a

30 metros de diámetro) o en forma de cinta (de 400 metros de largo y 20 de alto) (Malej, 1989). Estas agregaciones pueden alcanzar los 100 ejemplares por m<sup>3</sup> (Milisenda *et al.*, 2018).

Desde 1775 hasta 1987 en el mar Mediterráneo se identificaron 55 *blooms* que guardaban una relación con variables climáticas (Canepa *et al.*, 2014). El aumento de la presencia y de la frecuencia de los *blooms* en el mar Mediterráneo es un hecho corroborado por Condon *et al.* en 2013. Se identifican al menos tres factores principales que favorecen la proliferación de estas medusas que son: la sobrepesca, la eutrofización y el cambio climático. (Lynam *et al.*, 2011)

La sobrepesca es otro factor que influye en las proliferaciones. Por un lado, la pesca de depredadores de medusas, como *Xiphias gladius*, *Thunnus thynnus*, *Euthynnus alletteratus*, *Caretta caretta* o *Mola mola*, (Cardona *et al.*, 2012) contribuye a la supervivencia y posterior reproducción de estos ejemplares. Por otro lado, la pesca de competidores, permite una mayor disponibilidad de alimento (copépodos) que es aprovechado por las medusas. (Lynam *et al.*, 2011)

La eutrofización, o aporte de nutrientes al medio generalmente debido a la agricultura o las aguas de las depuradoras favorece al crecimiento del fitoplancton, y por consiguiente del zooplancton, ambos son el alimento de *P. noctiluca*. El mar Mediterráneo es un medio oligotrófico, con pocos nutrientes. Por lo tanto, un gran aporte de nutrientes como pueden ser los procedentes de la agricultura o de aguas de depuradoras puede generar un desequilibrio, favorecer el crecimiento del fitoplancton y por consiguiente el zooplancton. Las mayores densidades observadas de medusas corresponden a lugares con mayor productividad y durante las estaciones de primavera y otoño (Sabatés *et al.*, 2010).





Figura 12: Invasión de *P. noctiluca* en el puerto de Cabrera. JM Castro Delisle 2018.

El cambio climático abarca varios aspectos. Uno de ellos es el aumento de la temperatura, el cual favorece a *P. noctiluca*. La temperatura es una variable que influye notablemente en el desarrollo y supervivencia de *P. noctiluca*. Se ha demostrado que temperaturas superiores de 17 °C favorecen el crecimiento de esta especie (Malej, 1989) y también que las plánulas se transforman en éfiras mucho más despacio a temperaturas de 14 °C (5 días) que a 23 °C (2 días). Se ha constatado que los inviernos suaves con temperaturas mayores de 10° C y veranos con temperaturas menores de 27 °C resultan favorables para la supervivencia de las éfiras (Canepa *et al.*, 2014 y Rosa *et al.*, 2013). Además el aumento de la temperatura a lo largo del año implica que los ciclos reproductivos sean más prolongados a lo largo del año (Milisenda *et al.*, 2018). La reproducción de *P. noctiluca* se ve positivamente relacionada con la temperatura superficial del mar (SST) (Canepa *et al.*, 2014) e influye además en el sex ratio de la madurez sexual de las hembras (Rosa *et al.*, 2013). Se ha de tener en cuenta que el aumento de las temperaturas en el mar Mediterráneo se ve más pronunciado que en otros mares.

Por otro lado, la escasez de lluvias influye en la salinidad superficial, siendo favorable para *P. noctiluca* las concentraciones comprendidas entre 35 y 38 Unidades Prácticas de Salinidad (ups). Estas condiciones favorecen la supervivencia de las éfiras y juveniles de *P. noctiluca* (Canepa *et al.*, 2014) (Fig. 13). Se ha determinado que su presencia es menor también en zonas de grandes afluentes de ríos como en el delta del Ebro (Sabatés *et al.*, 2018).

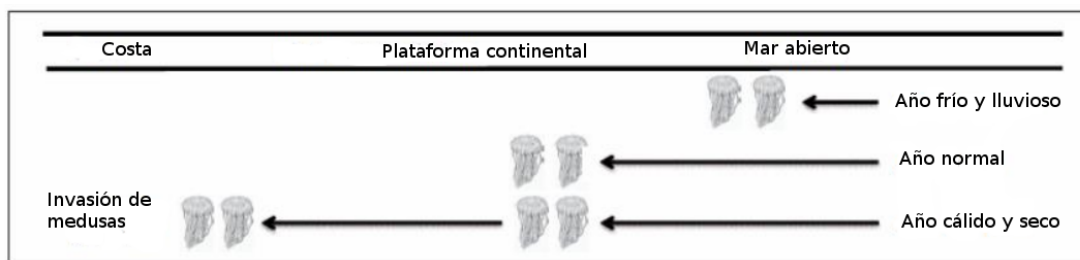


Figura 13: Esquema de diferentes escenarios en función de las condiciones climáticas (A.Canepa *et al.*, 2014).

Otros factores que favorecen al reproducción son la acidificación de los océanos debido a la absorción del CO<sub>2</sub> (M. de Castro, 2002) y la exposición a agentes tóxicos. (Canepa *et al.*, 2014).

Por último, el viento es un factor ambiental importante que influye en la presencia de *P. noctiluca* en las costas. Cuando la dirección del viento es perpendicular a la línea de costa las corrientes superficiales transportan a los juveniles más cerca de la costa. Los adultos que se encuentran a mayor profundidad son más dependientes de las corrientes internas. Es frecuente que los vientos transporten y acumulen numerosos ejemplares en zonas de puertos, golfos e islas. Estos vientos perpendiculares a la costa en primavera, unido a una escasez de lluvia y con una alta temperatura son las condiciones óptimas para el desarrollo de medusas cerca de la costa. (Canepa *et al.*, 2014). En el mar del Norte se han llevado a cabo estudios que indican que en los próximos 100 años aumentará la presencia de medusas (Attrill *et al.*, 2007).

## 1.7. Campaña MEDIAS

La campaña de evaluación de pequeños pelágicos por métodos acústicos MEDIAS (MEDiterranean International Acoustic Survey) se lleva a cabo en los meses estivales (junio y julio) en el Mediterráneo español con el objetivo de evaluar la abundancia y biomasa del stock reproductor de boquerón (*Engraulis encrasicolus*) y el reclutamiento de sardina (*Sardina pilchardus*). Durante los 32 días de campaña, se cubre la plataforma continental (de 30 a 200 m) desde la frontera con Francia hasta el estrecho de Gibraltar. Durante la campaña se recogen tanto datos acústicos (ecogramas) como datos biológicos (muestreo mediante arte pelágico). Además, esta campaña está englobada dentro de la acción MEDIAS en la que participan todos los países europeos ribereños del Mediterráneo con el objetivo de estandarizar los métodos de recogida de muestras y armonizar los datos recogidos en esta serie de campañas. El organismo que lo lleva a cabo en España es el Instituto Español de Oceanografía (IEO) que desde el año 2009 realiza esta campaña. La campaña MEDIAS es una plataforma ideal para el estudio del ecosistema pelágico, puesto que recoge datos no solo de las especies objetivo sino también de la comunidad pelágica. En este estudio se han analizado datos de abundancia de *P. noctiluca* recogidos en las pescas de identificación durante las campañas MEDIAS 2019 y 2020.

## 2. OBJETIVOS

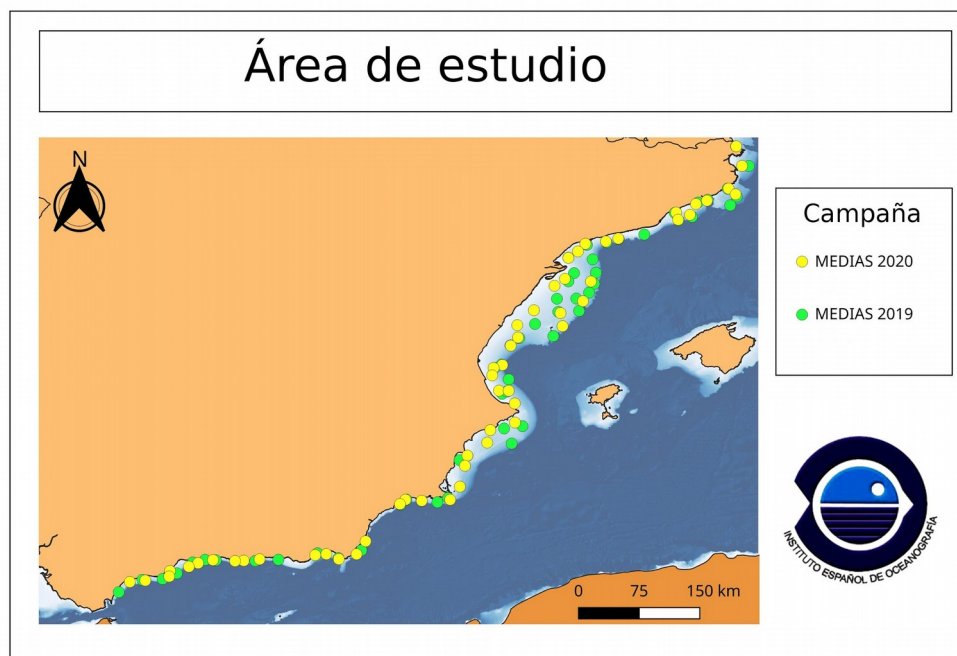
El objetivo principal de este trabajo es describir la población de *P. noctiluca* en el mar Mediterráneo español durante la época estival e identificar las variables climáticas que influyen en la abundancia de esta especie. Para ello se ha estudiado cómo son los ejemplares capturados en las pescas evaluando la talla, el peso, la distribución geográfica y la abundancia en relación a la temperatura y salinidad superficial del mar en los dos años de estudio.

Como objetivos secundarios se ha tratado de evaluar si la talla-media se ve influida por estas variables y se ha realizado un experimento para determinar si el sexado de *P. noctiluca* puede llevarse a cabo de manera visual.

### 3. MATERIAL Y MÉTODOS

#### 3.1 Datos biológicos

El área de estudio comprendió la plataforma continental española, desde la frontera con Francia hasta Gibraltar (Fig. 14). Los ejemplares se capturaron mediante un arte de pesca de arrastre pelágico experimental (Fig. 15 y 16), es un muestreador de grandes dimensiones, con una apertura horizontal de 30 m y vertical de 16 m. La velocidad de arrastre osciló entre 3 y 4 nudos, y las pescas duraron entre 18 y 55 minutos.



*Figura 14: Mapa del área de estudio. Comprende la plataforma continental desde Francia hasta Gibraltar. Los puntos verdes son las pescas en 2019 y los amarillos las de 2020. JM Disdier 2020.*

### 3.1.1 Estimación de parámetros biológicos

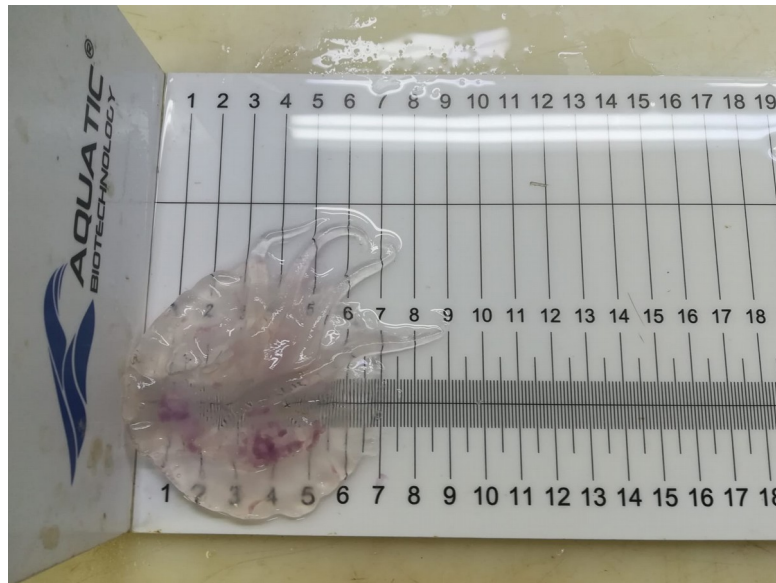
El triado de la captura se llevó a cabo a bordo, identificando, pesando y midiendo todas las especies capturadas en la pesca. En cada pesca, se determinó el peso total en kilos de *P. noctiluca* (Fig. 17,18 y19) y se estimó el número de ejemplares capturados. Los ejemplares capturados, bien todos o una submuestra cuando la captura resultó ser muy numerosa, fueron medidos al medio centímetro inferior hasta conseguir una moda representativa.



*Figura 15: Arte de pesca empleado en la campañas MEDIAS. En la imagen puede apreciarse la gran apertura de este arte de pesca de arrastre pelágico JM Disdier 2020.*



*Figura 16: Marineros abriendo el copo del arte de pesca. Tras su apertura la pesca cae al parque de pesca y se procede inmediatamente a su identificación. JM Disdier 2020.*



*Figura 17: P. noctiluca sobre ictiómetro para su medición. Puede observarse que los brazos bucales se encuentran en la parte superior. JM Disdier 2020.*

La talla se determinó midiendo el diámetro de la umbrela con los brazos bucales hacia arriba (Fig. 17). La distribución de frecuencias de tallas se determinó para cada pesca y para cada año agrupando los ejemplares capturados cada año. Los datos fueron

estandarizados a la hora para facilitar la comparación entre años. Debido a que algunos ejemplares sufrieron pérdidas de brazos bucales durante el arrastre, se seleccionaron los ejemplares mejor conservados para calcular la relación talla-peso.

Para la determinación de la relación talla-peso se midieron (mm) y se pesaron (g) un total de 50 individuos por pesca o el número total si en la captura aparecieron menos ejemplares. Estos datos se graficaron y la nube de puntos se ajustó mediante un modelo potencial, según la ecuación:

$$W = a \cdot L^b$$

Donde W es el peso y L la longitud. De esta manera se obtuvieron los parámetros a (condición) y b (coeficiente crecimiento) de la ecuación talla-peso (Le Cren 1951). Para comparar los dos años se calculó el índice del factor de condición, que define el estado buena condición según la ecuación:

$$Kn = W/Wr$$

Donde W es el peso de un individuo y Wr es el peso relativo a ese mismo individuo obtenido a partir de los parámetros "a" y "b". Se calculó para cada individuo y se realizó la media para cada año. En el año 2019 se midieron un total de 844 ejemplares y en el año 2020 un total de 291 ejemplares.



Figura 18: Cesta con 6 kg de *P. noctiluca* en una pesca durante la campaña. JM Disdier 2020.



Figura 19: Caja con 26 kg de *P. noctiluca* en una pesca durante la campaña. JM Disdier 2020.

### 3.1.2 Profundidad y distancia

Para analizar la variación de la abundancia de *P. noctiluca* a lo largo de la plataforma continental y determinar la existencia de un gradiente de abundancia desde la costa hasta aguas profundas como indican algunos autores (Ferraris *et al.*, 2012 y Mariottini *et al.*, 2008), se estudió la influencia de la profundidad y distancia a la costa en la abundancia de *P. noctiluca*. La profundidad de la pesca se determinó durante la campaña a partir de la sonda del barco, mientras que la distancia a la costa fue calculada mediante el programa QGIS.

### 3.1.3 Experiencia de sexado

Para determinar la idoneidad del sexado de *P. noctiluca* mediante el estudio macroscópico de las gónadas se llevó a cabo el siguiente experimento: las gónadas de 6 ejemplares fueron extraídas y los ejemplares fueron asignados, acorde con la bibliografía (Milisenda *et al.*, 2014), como “macho” o “hembra” en función de las características macroscópicas de las



gónadas. Se consideró que un ejemplar era “macho” si presentó gónadas de color púrpura-oscuro y “hembra” si eran color rosado-claro, (Fig. 17). Siguiendo este criterio se asociaron tres ejemplares a “macho” y tres a “hembra”.

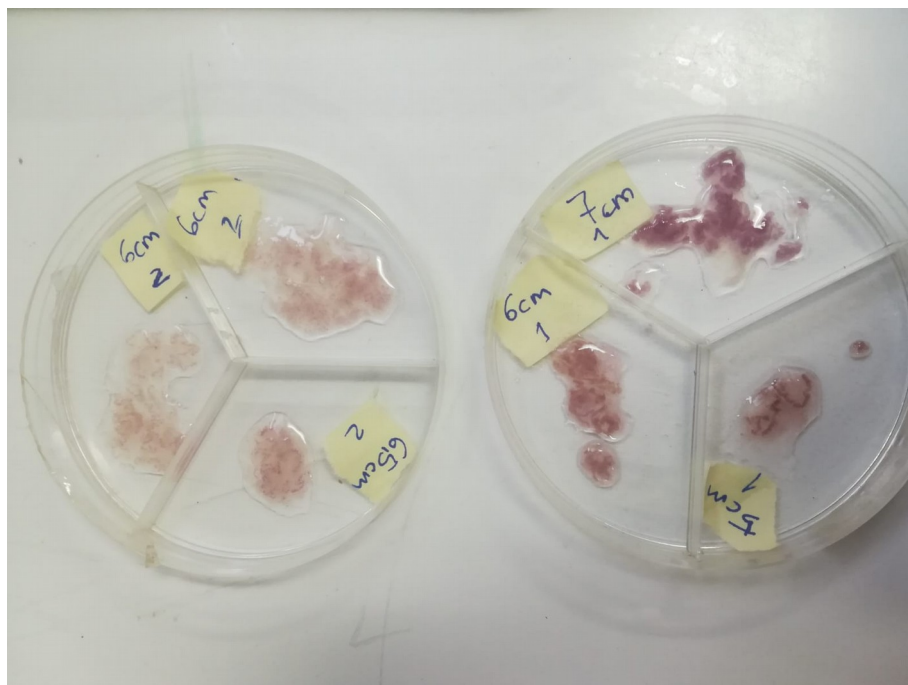


Figura 20: Placas de petri con gónadas de *P. noctiluca*. Las etiquetas indican la talla (cm) y el sexo 1 "machos", 2 "hembras". JM Disdier 2020.

## 3.2 Datos de variables ambientales

El barco oceanográfico está equipado con un termosalinógrafo que registró en continuo los valores en superficie (5 m) de temperatura, salinidad y fluorescencia cada 10 segundos durante el recorrido de la campaña. Para caracterizar la columna de agua se empleó un CTD (Seabird 19+) que registró los valores de oxígeno, temperatura, salinidad y fluorescencia. Los datos recogidos fueron tratados en ordenador siguiendo la metodología estándar, para así caracterizar las pescas.

## 3.3 Análisis de datos

### 3.3.1 Análisis espacial

Para la representación y análisis espacial de los datos se empleó el programa QGIS. Los datos de abundancia de *P. noctiluca* fueron representados para cada año siguiendo una

escala de color proporcional a la abundancia de *P. noctiluca* en la pesca (Fig. 21 y 22). Los datos recogidos por el termosalinógrafo fueron tratados y posteriormente procesados mediante el programa QGIS. Los valores de temperatura y salinidad a lo largo de la costa fueron interpolados mediante la técnica de kriging para cada año, desde la costa hasta una distancia máxima de 60 km a la costa. Los datos de CTD se emplearon para validar los datos del termosalinógrafo.

### **3.3.2 Análisis estadístico**

En primer lugar, debido a que la abundancia (nº individuos por pesca) presentó una gran variabilidad (entre 8 y 2832 ejemplares) se calculó el logaritmo para evaluar estadísticamente si la abundancia se ve influida por la temperatura, salinidad y distancia a la costa. Debido a que la profundidad y la distancia presentaron correlación se descartó la profundidad ya que en la bibliografía (M. Ferraris *et al.*, 2012) la distancia juega un papel importante en la presencia de *P. noctiluca*. Con estas variables se realizó un modelo *General Additive Model* (GAM) Gamma, ya que no presentaba una distribución normal. Se realizó otro modelo GAM, para evaluar si estas variables influyen en la talla. Para ello se empleó la talla media de las pescas con más de 50 ejemplares, para considerar representativa la media. Debido a que la talla-media no presentó distribución normal se llevó a cabo también un modelo GAM, Gamma. Ambos modelos fueron validados a partir de las gráficas de dispersión de los residuales. En los modelos se emplearon los datos de 2019 y 2020 en conjunto. Estos análisis se realizaron mediante el programa R.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Abundancia de *Pelagia noctiluca*

En 2019 se realizaron un total de 55 pescas y *P. noctiluca* apareció en 24 de ellas, es decir en el 43,6% de las pescas. *P. noctiluca* se encontró principalmente entre el delta del Llobregat y el cabo de Gata, estando ausente en el mar de Alborán y el golfo de Rosas. La abundancia capturada de *P. noctiluca* varió sensiblemente entre pescas, desde 9 hasta 2166 individuos (Fig. 21). La media de individuos capturados por pesca fue de 360, con una desviación de 602, esta elevada desviación refleja la dispersión de los valores de abundancia registrados. Acorde con los intervalos de abundancia representados en el mapa, en la mayoría de pescas se capturaron entre 10 y 100 ejemplares de *P. noctiluca*, siendo las capturas más abundantes las menos frecuentes. La captura de 2166 individuos fue la máxima registrada este año seguida de capturas de 1881 y 1538 individuos. En total se pescaron 150,7 kg de *P. noctiluca*.

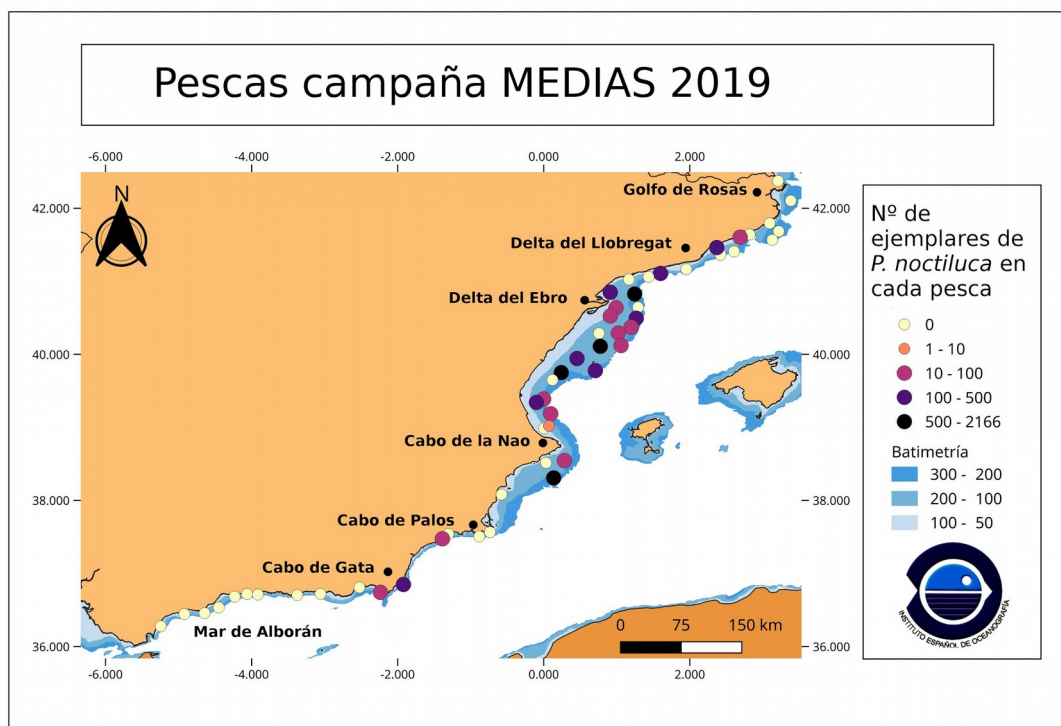


Figura 21: Pescas con *P. noctiluca* durante la campaña MEDIAS 2019. Los puntos de colores indican la abundancia (nº de ejemplares) en cada pesca (JM Disdier 2020).

En 2020 se realizaron 55 pescas. *P. noctiluca* apareció en 25, es decir, el 45,5%. principalmente entre el delta del Llobregat y el cabo de Palos. La abundancia capturada varió notablemente entre 4 y 2832 ejemplares. La media de individuos capturados por pesca fue de 401 ejemplares, con una desviación de 698. Al igual que en 2019, la elevada desviación se debe a la dispersión de los valores de abundancia. Según los intervalos de abundancia representados en el mapa (Fig.22), en la mayoría de pescas se capturaron entre 10 y 100 individuos, en 4 pescas se capturaron entre 100 y 500 individuos y en 5 pescas más de 500 individuos. La captura de 2832 individuos fue la máxima registrada este año seguida de capturas de 1778 y 1297 individuos. En total se pescaron 128,2 kg de *P. noctiluca*, un 15 % menos que el año 2019.

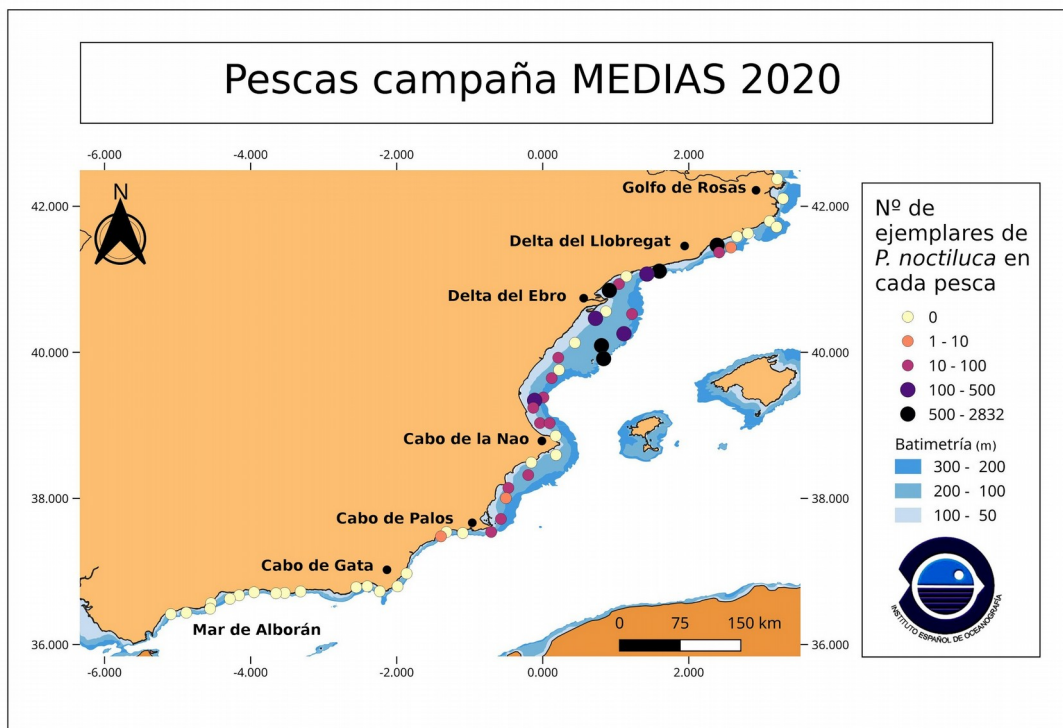


Figura 22: Pescas con *P. noctiluca* durante la campaña MEDIAS 2020. Los puntos de colores indican la abundancia (nº de ejemplares) en cada pesca (JM Disdier 2020).

## 4.2 Distribución de frecuencias de tallas

Las distribuciones de frecuencias de tallas de todos los ejemplares capturados durante las campañas MEDIAS 2019 y 2020 indicaron una distribución con valores medios de 5,32 y 5,36 cm respectivamente (Fig. 23). En el año 2019, la talla mínima fue de 2 cm y la máxima de 12 cm. Los histogramas de frecuencias de tallas en cada pesca indicaron valores modales entre los 3,5 y los 7 cm (Anexo I). En el año 2020 la mínima fue de 2 cm y la talla máxima de 9 cm (Fig. 20). En el análisis por pesca los histogramas de frecuencias de tallas indicaron valores modales entre los 4 y los 7,5 cm (Anexo II).

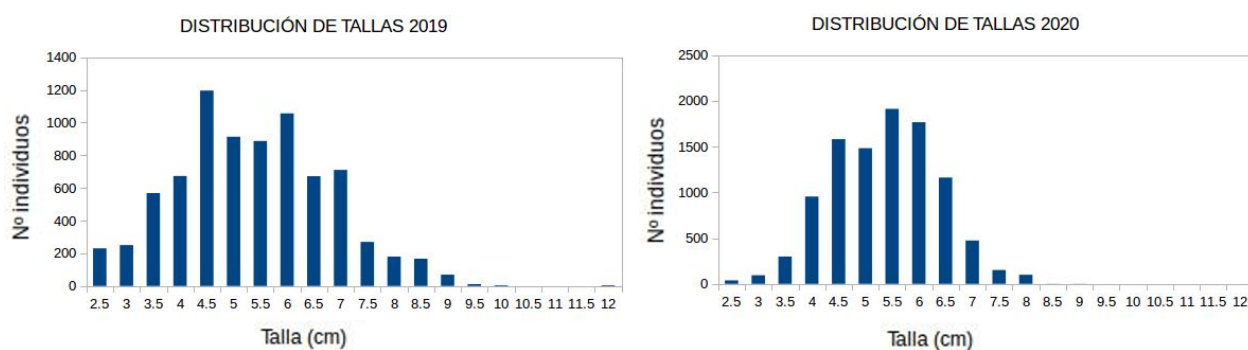


Figura 23: Distribución las tallas totales en 2019 y 2020. JM Disdier 2020.

## 4.3 Relación talla-peso

El análisis de la relación talla-peso de los dos años estudiados (2019 y 2020) mostró diferencias en los parámetros “a” y “b”. En el año 2019, los 844 ejemplares muestreados, se caracterizaron por valores de  $a=0,304$  y  $b=2,24$  ( $R^2=0,83$ ) (Fig. 24) El peso medio fue de 15,32 g y la talla media 5,46 cm. En el año 2020, los 291 ejemplares muestreados indicaron valores de  $a=0,2043$  y  $b=2,35$  ( $R^2 = 0,76$ ) (Fig. 25), el peso medio fue de 12,93 g y la talla media en 5,56. Tanto en 2019 como en 2020, el parámetro “b” fue menor de 3 (alometría negativa), lo cual indica que *P. noctiluca* crece más en longitud que en peso. La variación en el parámetro “b” indicó que los individuos capturados en 2020 tuvieron un mayor peso que los del 2019 para una misma talla. En cuanto al índice de factor de condición “Kn” los individuos del 2020, muestran un mejor estado de condición en el año 2020 en comparación a 2019.

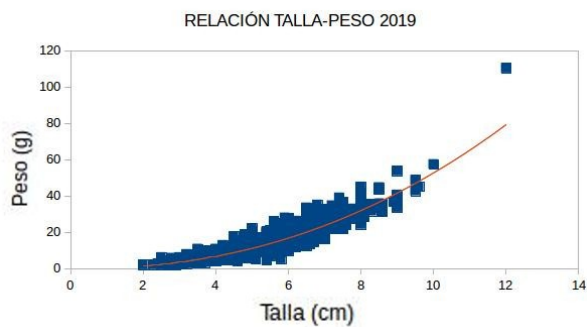


Figura 24: Relación talla-peso de los ejemplares capturados en 2019. JM Disdier 2020.

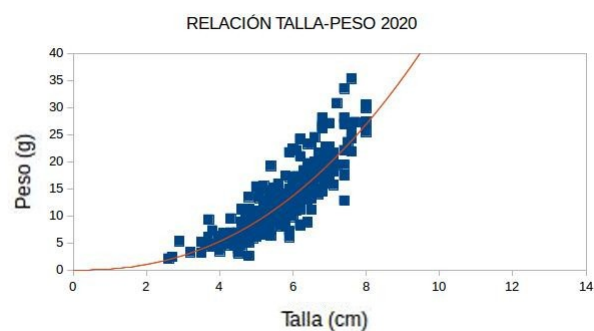


Figura 25: Relación talla-peso de los ejemplares capturados en 2020. JM Disdier 2020.

Tabla 2: Resumen de los resultados obtenidos en los dos años de estudio. Parámetros "a" y "b", índice de factor de condición "Kn" y número de ejemplares medidos "N". JM Disdier 2020.

Año	Talla media (cm)	Peso medio (g)	a	b	Kn	N
2019	5.46	15.32	0.304	2.238	0.76	844
2020	5.56	12.93	0.204	2.347	0.95	291

#### **4.4 Influencia de la profundidad y distancia a la costa en la abundancia de *P. noctiluca***

En el año 2019, la profundidad mínima en la que apareció *P. noctiluca* fue a 44,5 m y la máxima a 183 m. La mayor abundancia se encontró a 110 m. En este año se detectó una tendencia creciente con la profundidad. En cuanto al año 2020, la pesca menos profunda con capturas de *P. noctiluca* se llevó a cabo a 42,2 m y la de mayor profundidad fue a 125,8 m. En 2020, la mayor abundancia de *P. noctiluca* se concentró en los estratos costeros e intermedios de la plataforma continental, entre 40 y 90 m de profundidad.

En cuanto a la distancia a la costa, en el año 2019 las pescas en las que apareció *P. noctiluca* se encontraron a una distancia de la costa entre 1,81 y 59,6 km. En el año 2020 la distancia a la costa de las pescas con *P. noctiluca* se encontraron entre 2,35 y 59,1 km.

En el año 2019 el máximo de capturas se encontró a 26,3 km de la costa, con 2166 ejemplares; en cambio, en el año 2020 la pesca con mayor abundancia de *P. noctiluca* se halló a 4 km de la costa con 2832 individuos. Entre los 4 y 30 km se registró la mayor abundancia de *P. noctiluca* en los dos años. En el año 2020 las pescas con *P. noctiluca* estuvieron más cerca de la costa, con una distancia media de 15,9 km. En el año 2019 las pescas con *P. noctiluca* se llevaron a cabo a una distancia media de 24 km. La distancia media de todas las pescas de las campañas indicaron que en 2020 la distancia a la costa ha sido menor (12 km), y que en 2019 se realizaron a una distancia media de 17 km.

#### **4.5. Análisis estadístico.**

El modelo GAM indicó que la salinidad superficial influye en la abundancia de *P. noctiluca* de manera significativa (p-valor =0,0362) y que el modelo explica el 36,7 % de la devianza con un  $R^2=0.274$ . La temperatura no presentó una relación significativa (p-valor > 0.05), posiblemente debido a que las temperaturas se situaban dentro de los rangos favorables a esta especie (14-27 °C). En cuanto a la distancia, no se demostró una influencia significativa de la distancia en abundancia (p-valor > 0.05) posiblemente en ciertos tramos sí que puede influir. Es conveniente tener en cuenta que en el área de estudio abarca las distancias recorridas son muy dispares a lo largo de la costa. Para los dos años de estudio las diferencias en abundancia de *P. noctiluca* fueron significativas. El modelo fue validado a

través de las gráficas de dispersión de los residuales, que resultaron normalmente distribuidos.

El modelo empleado para testar si estas variables influyen en la talla media no indicó resultados significativos para la temperatura, salinidad y distancia (p-valor > 0.05), este modelo explicó el 2,01% de la devianza con un  $R^2 = -0,13$ .



## 4.6 Análisis espacial

En 2019 la temperatura superficial a lo largo de la plataforma continental española presentó un mínimo en Gibraltar con una temperatura de 18,2 °C. Los valores medios (24°C) se encontraron desde el golfo de Rosas hasta el delta del Llobregat y desde el cabo de Gata hasta Málaga. Entre el delta del Ebro y el cabo de Palos se encontraron las temperaturas más altas, en concreto en el golfo de Valencia y en el golfo de Alicante la temperatura máxima fue de 27,1 °C. La temperatura media superficial para el total de pescas de la campaña fue de 24,98 °C, con una desviación de 1,76. En cuanto a las pescas con *P. noctiluca*, la media de temperatura superficial fue de 25,63 °C, con una desviación de 0,83. En las pescas con más de mil ejemplares la temperatura media fue de 26.54 °C, con una desviación de 0,5. (Fig. 26).

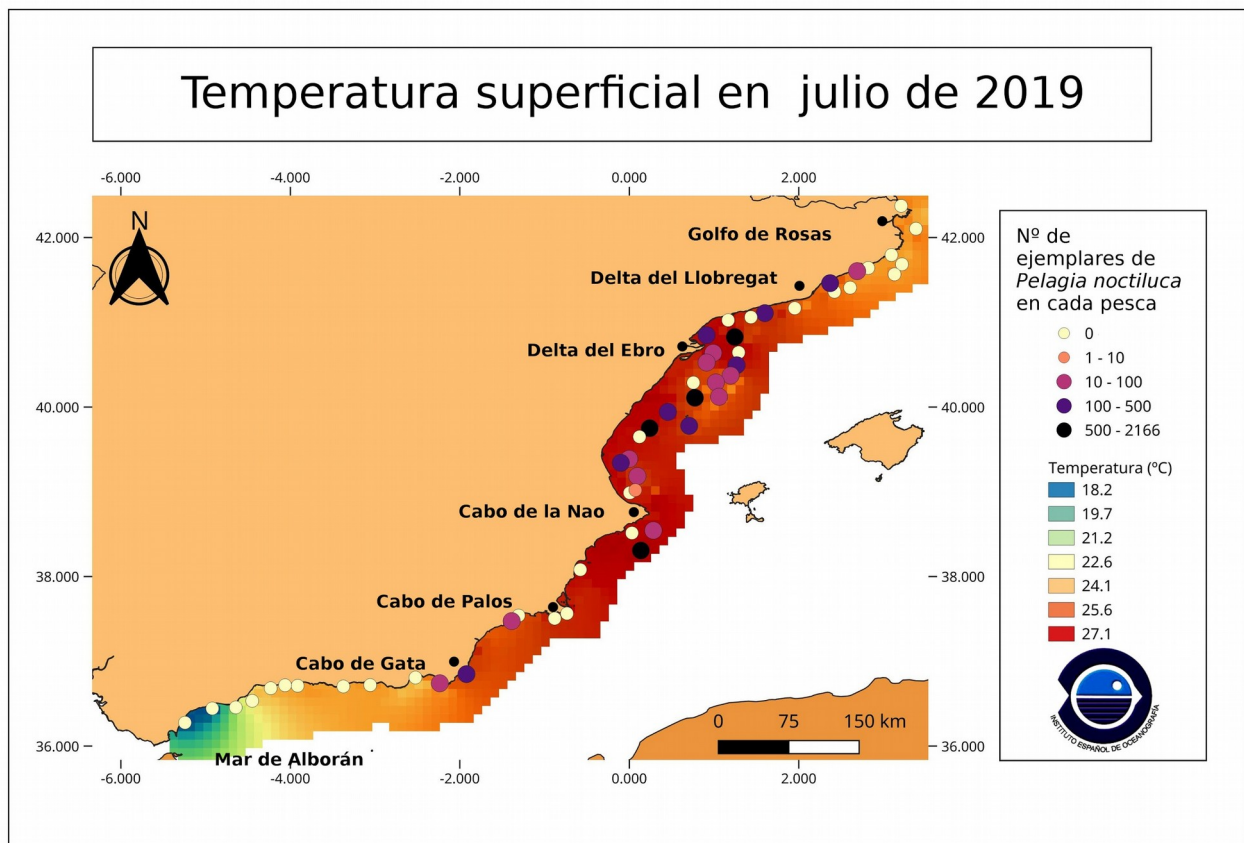


Figura 26: Distribución de la temperatura superficial y abundancia (nº de ejemplares) en cada pesca de *P. noctiluca* en el año 2019. JM Disdier 2020.

En cuanto a la salinidad los datos mostraron un marcado gradiente latitudinal, las salinidades más altas se encontraron en las áreas más al norte, mientras que las más bajas se situaron cerca del estrecho de Gibraltar. Se detectó un máximo de salinidad en el golfo de Valencia de 38,24 Unidades Prácticas de Salinidad (ups). En las pescas con un mayor número de ejemplares la salinidad presentó valores de 37,76 y 38,24 ups. La zona del golfo de Rosas presentó valores ligeramente inferiores. En la zona del delta del Ebro la salinidad fue inferior probablemente debido a los aportes fluviales. A partir del golfo de Alicante la salinidad disminuye gradualmente hacia el estrecho de Gibraltar, y en esta zona las pescas de *P. noctiluca* son escasas siendo nulas a partir del cabo de Gata. La salinidad media del total de pescas fue de 37,68 ups, con una desviación de 0,55. En las pescas con *P. noctiluca* la salinidad media fue de 37,91 ups, con una desviación de 0,42. En las pescas con más de mil ejemplares la salinidad fue de 38,03 ups, con una desviación de 0,24. Por debajo de las 36,7 ups no se capturaron ejemplares (Fig. 27).

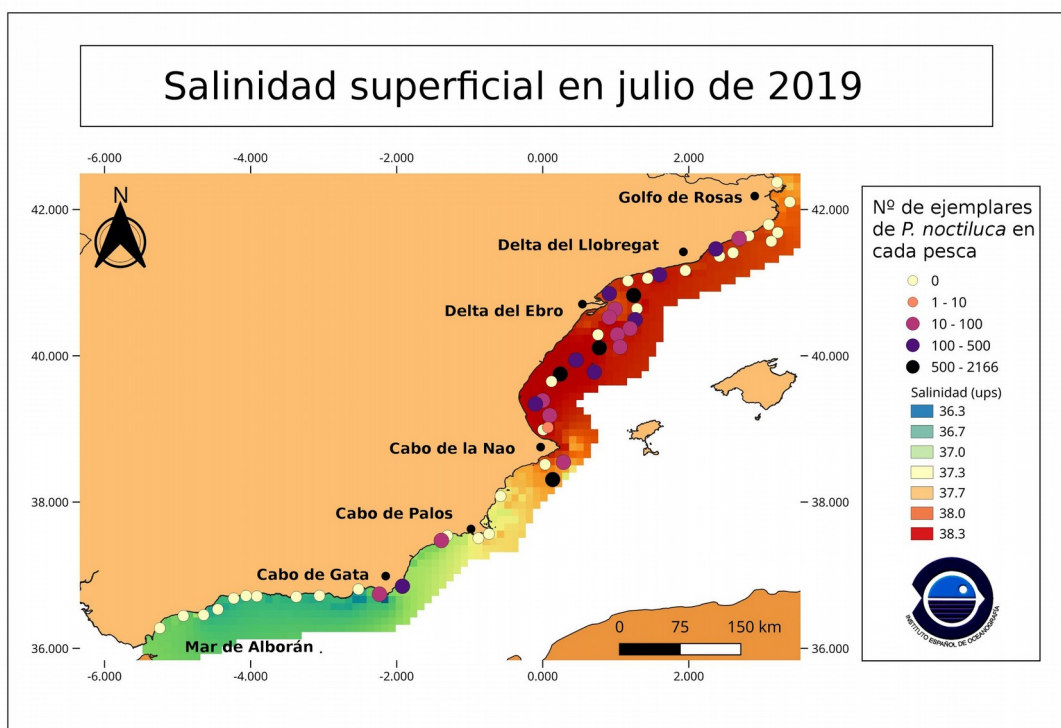


Figura 27: Distribución de la salinidad superficial y abundancia (nº de ejemplares) de *P. noctiluca* en el año 2019. JM Disdier 2020.

En 2020, la temperatura superficial a lo largo de la plataforma continental española presentó mínimos de 21,85 °C en la zona del golfo de Rosas y en Gibraltar. Entre estas dos zonas se observó un máximo de temperatura en el golfo de Valencia y en el golfo de Alicante donde la temperatura máxima fue de 27,07 °C. En las pescas con mayor número de ejemplares de *P. noctiluca* la temperatura superficial fue de 24,6 y 25,95 °C. La temperatura media en las pescas con *P. noctiluca* fue de 25,79 °C, con una desviación de 0,59 (Fig. 28).

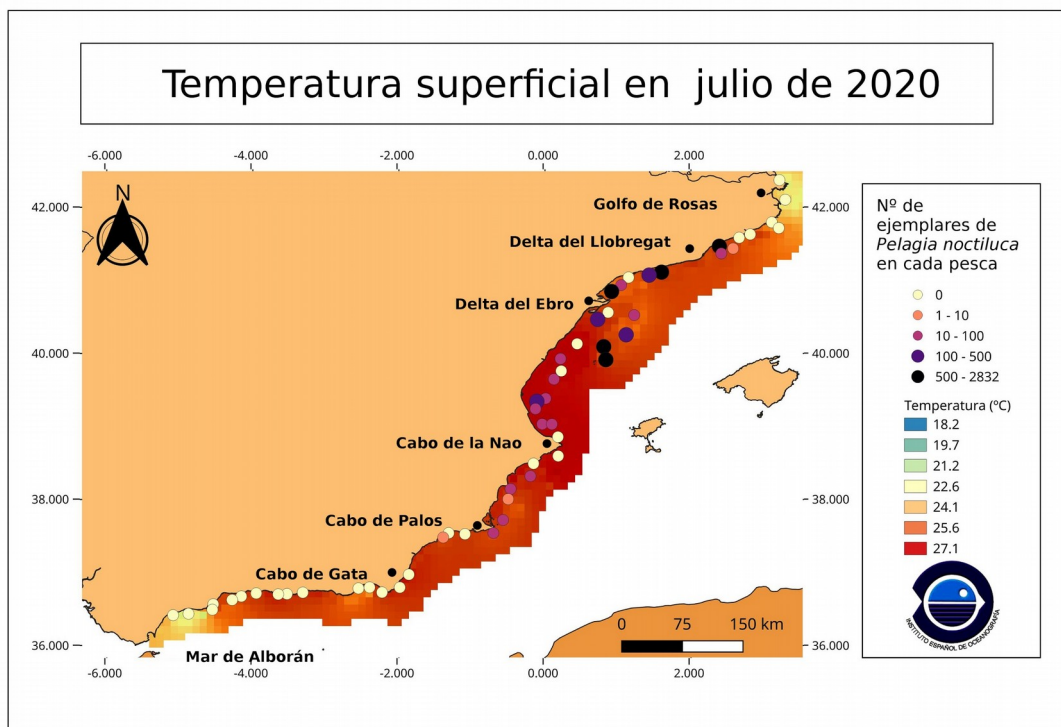


Figura 28: Distribución de la temperatura superficial y abundancia (nº de ejemplares) en 2020. JM Disdier 2020.

En 2020, la salinidad mostró también un gradiente latitudinal, en este año con valores más bajos. El mínimo registrado fue de 36,36 ups. Se apreció un máximo de salinidad en el golfo de Valencia de 37,72 ups. En las pescas con un mayor número de ejemplares, la salinidad indicó valores de 37,5 y 37,6 ups. El golfo de Rosas presentó valores ligeramente inferiores al igual que la zona del delta del Ebro. A partir del golfo de Alicante la salinidad disminuye gradualmente hacia el estrecho de Gibraltar, y en esta zona las pescas con *P. noctiluca* son de pocos ejemplares. Por debajo de las 36,6 ups no se capturaron ejemplares de *P. noctiluca*. La salinidad media en las pescas con *P. noctiluca* fue de la campaña fue de 37,38 °C, con una desviación de 0,34 (Fig. 29).

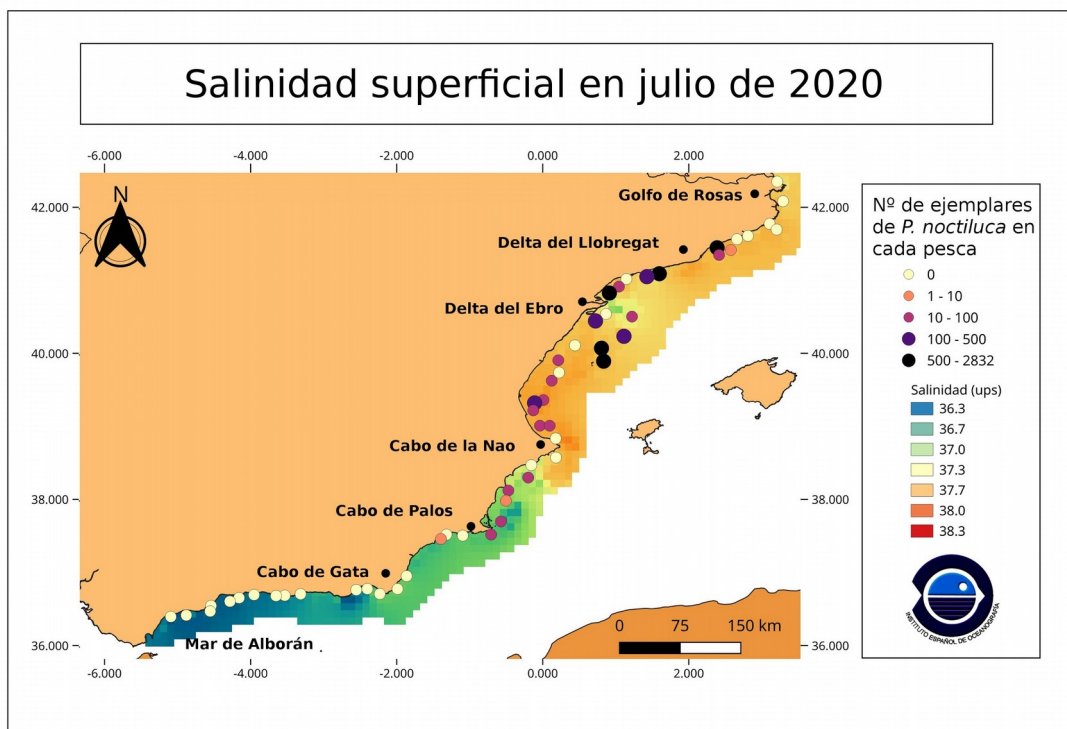
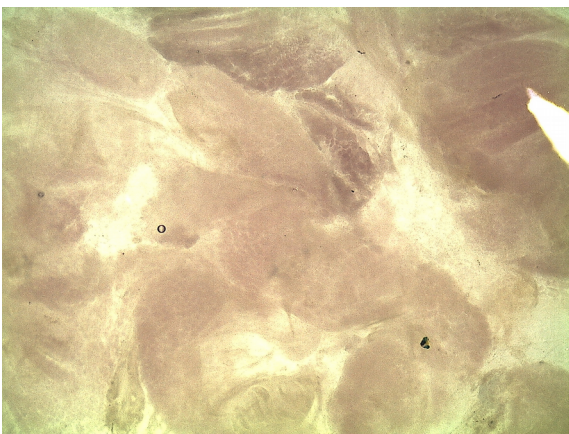


Figura 29: Distribución de la salinidad superficial y abundancia (nº de ejemplares) de *P. noctiluca* en el año 2020. JM Disdier 2020.

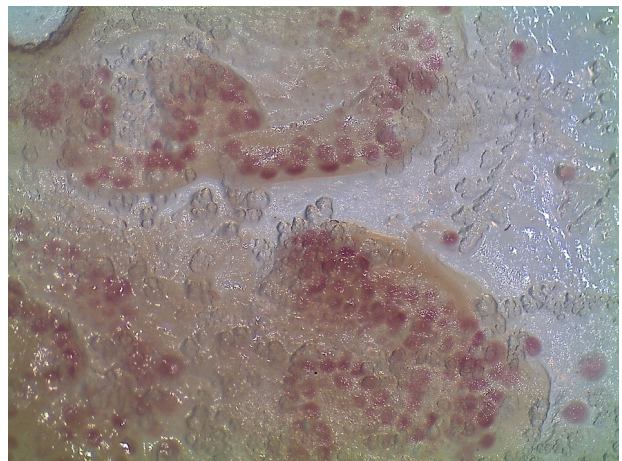
Los valores medios de temperatura y salinidad superficial obtenidos por el termosalinógrafo indicaron diferencias entre los dos años de estudio. En 2019 la temperatura media fue de 25,19°C y en el año 2020, ligeramente mayor con un valor de 25,4 °C. En cuanto a la salinidad, 2019 registró una media de 37,65 ups y 2020, de 37,18 ups. Por lo tanto, entre estos dos años de estudio, se puede decir que el año 2019 fue más salino, pero menos cálido y el año 2020 fue menos salino, pero más cálido durante el mes de julio.

#### 4.5. Experimento de sexado

El análisis macroscópico de las gónadas corroboró que el sexado de ejemplares de *P. noctiluca* puede realizarse visualmente para los ejemplares de las tallas analizadas, entre 5 y 7 cm. El individuo más pequeño de los machos fue de 5 cm y el de las hembras de 6 cm. Los 3 individuos de cada sexo presentaron las gónadas bien diferenciadas. En las gónadas masculinas se apreciaron los folículos cargados de esperma con un tono más oscuro (Figura 30); en cambio, las gónadas de las hembras presentaron una tonalidad más clara pudiendo apreciarse los huevos (Fig. 31).



*Figura 30: Gónadas masculinas observadas a la lupa. Se pueden observar los folículos cargados de esperma. JM Disdier 2020.*



*Figura 31: Gónadas femeninas observadas a la lupa. Se pueden observar los huevos. JM Disdier 2020.*

## 5. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio revelan que la zona comprendida entre el delta del Llobregat y el cabo de Palos presentan la mayor abundancia en número de ejemplares de *P. noctiluca*. Esta zona presenta unos valores de temperatura y salinidad más favorables para *P. noctiluca* debido entre otros factores a: la latitud, una mayor amplitud de la plataforma continental y una distancia suficiente al océano Atlántico para no verse influida por los aportes de aguas más frías y menos salinas.

Podemos afirmar que los individuos capturados son representativos de la población estival de *P. noctiluca*, ya que según Mariottini *et al.*, 2008, los individuos de tallas medias se encuentran en la plataforma continental durante los meses de verano. Este estudio indica que la talla media en 2019 fue de 5,46 cm y en 2020 fue de 5,56 cm, siendo la talla máxima de *P. noctiluca* 12 cm. Estos individuos capturados son los ejemplares nacidos en invierno/primavera, que se encuentran en crecimiento en la plataforma continental. Estos resultados validarán el método de muestreo, siendo conscientes de que pueden quedar excluidas las tallas más pequeñas.

Los resultados muestran diferencias entre el año 2019 y 2020. En 2019 se capturaron 8639 ejemplares con un peso total de 150,7 kg; y en 2020 fueron 10015 individuos con 128,2 kg. El análisis de la relación talla-peso indicó que el peso medio de las medusas en 2020 fue inferior y que presentaron un mejor factor de condición en 2019.

El análisis GAM ha determinado que la salinidad superficial influye de manera significativa en la abundancia de *P. noctiluca* (Canepa *et al.* 2014). Esta variable puede explicar en parte las diferencias entre 2019 y 2020. Sin embargo, *P. noctiluca* puede encontrarse en aguas con una salinidad comprendida entre 35 y 38 ups (Canepa *et al.* 2014). En este estudio, no se registraron ejemplares de *P. noctiluca* por debajo de los 36,75 ups en 2019 y 36,6 ups en 2020. Por lo tanto, a pesar de que una mayor salinidad influya en la abundancia de *P. noctiluca* (Sabates *et al.*, 2018) su ausencia no es debida únicamente a esta variable. Además, *P. noctiluca* es una especie que está presente en el océano Atlántico (Sabatés *et al.*, 2018). La explicación a la diferencia en la salinidad superficial entre 2019 y

2020 se debe a las diferencias en precipitaciones de estos dos años. Según los informes mensuales de precipitación obtenidos por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), la precipitación media acumulada en la vertiente mediterránea entre los meses de diciembre a julio caracterizó al año 2019 como un año seco (30,09 mm). En cambio, en el mismo período durante el año 2020 se caracterizó a este año como un año húmedo (60,75 mm). La media de referencia (entre 1981 y 2010) se sitúa en los 42,18 mm.

Por otro lado, el análisis GAM no indicó que la temperatura superficial esté relacionada significativamente con la abundancia de *P. noctiluca*. Sin embargo, según la bibliografía la temperatura influye de manera importante en el desarrollo de las éfiras (Canepa *et al.*, 2014). En este estudio, se ha demostrado que en las zonas de mayor temperatura, superiores a 27° C, no se encontraron ejemplares de *P. noctiluca*, esto explica que a elevadas temperaturas *P. noctiluca* sufre estrés térmico (Canepa *et al.*, 2014).

Finalmente existen otras variables que influyen en la abundancia de *P. noctiluca* y que en este estudio no han podido ser ampliamente abarcadas. Como pueden ser:

- La distancia a la costa, ya que el área de estudio abarca sólo la plataforma continental y ésta en Andalucía en ocasiones es inferior a los 4 km. En cambio en la zona sur de Cataluña y Comunidad de Valencia existen zonas donde el área de estudio abarcó más de 60 km. En el mar de Liguria, Italia-Francia, la mayor abundancia de *P. noctiluca* se encontró a los 30 km (Ferraris *et al.*, en 2012), donde la plataforma continental abarca unos 10 km desde la costa.
- Las corrientes. Debido a que esta especie es de naturaleza holoplanctónica, sus desplazamientos se ven fuertemente condicionados por las corrientes (Ferraris *et al.*, 2012 y Sabatés *et al.*, 2019). En la parte de Andalucía la entrada del océano Atlántico genera fuertes corrientes que se desplazan hacia el norte de África.
- El zooplancton, ya que según la bibliografía (Goy *et al.*, 1989), la disponibilidad, abundancia y tipo de zooplancton influyen en la abundancia y desarrollo de *P. noctiluca* ya que es una especie muy voraz.
- Variables climáticas en los meses de invierno/primavera. Según la bibliografía (Canepa *et al.*, 2014) el viento, la radiación solar y las precipitaciones influyen de

manera significativa en la supervivencia de las éfiras. Se ha de tener en cuenta la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) y obtener una visión integra de países cercanos.

- El estado de conservación de depredadores y competidores con *P. noctiluca* (Cardona et al., 2012).



## 6. TRABAJOS FUTUROS

### 6.1. Trofismo

Durante la campaña se detectó que ejemplares de *Scomber colias*, *Boops boops* y *Diplodus vulgaris* presentaron una coloración púrpura en los intestinos que hicieron que los ejemplares se tiñeran de este color durante el muestreo (Fig.32). Esto se observó únicamente en zonas donde *P. noctiluca* resultó ser muy abundante. Estas tres especies de peces son depredadores de *Pelagia noctiluca* (Cocco *et al.*, 2010) por lo que sería interesante realizar estudios de contenido estomacal para determinar la relación trófica existente entre estas especies. Además, se deberían llevar a cabo estudios de alimentación de *P. noctiluca* para analizar la repercusión en su abundancia.



Figura 32: Ejemplares de *Scomber colias* teñidos de color púrpura. En esta pesca aparecieron 11 kg de *P. noctiluca*. JM Disdier 2020.



Figura 33: Ejemplares de *Scomber colias* sin coloración púrpura. En esta pesca no aparecieron ejemplares de *P. noctiluca*. JM Disdier 2020.

## 6.2. Conteos visuales nocturnos

Durante la campaña MEDIAS 2020 se llevó a cabo un pequeño experimento de censo nocturno de *P. noctiluca* en la costa alicantina. Iluminando la superficie del mar con un foco de alta potencia, se contaron los ejemplares de *P. noctiluca* en un radio de 10 metros desde el barco. El conteo duró 5 minutos y se observaron 84 medusas. La velocidad del barco fue de 3,5 nudos. Los datos no pudieron ser comparados con los muestreos mediante arte pelágico porque no se capturaron ejemplares de *P. noctiluca* en este área. Para futuras campañas sería interesante probar la validez de este método y su idoneidad para aplicarlo en campañas como MEDIAS.

## 6.3. Sexado

Durante la campaña MEDIAS 2020 han sido sexados macroscópicamente 6 individuos de *P. noctiluca*, con una fiabilidad del 100%. Por lo que esta metodología puede incorporarse en muestreos llevados a cabo en futuras campañas con el objetivo de evaluar variaciones en el sex ratio o en el estado de maduración de los ejemplares.

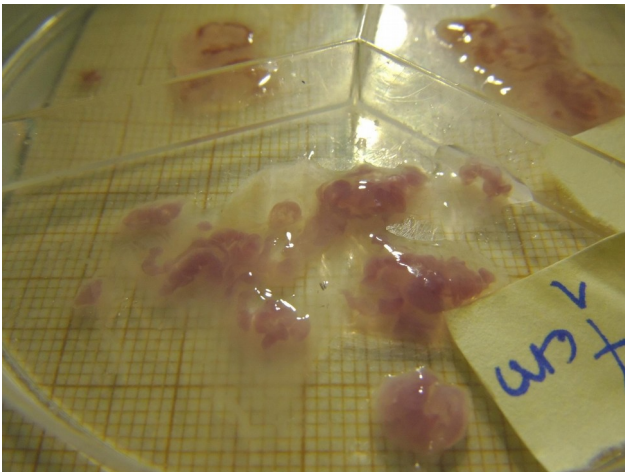


Figura 34: Gónadas masculinas de *P. noctiluca*. JM Disdier 2020.

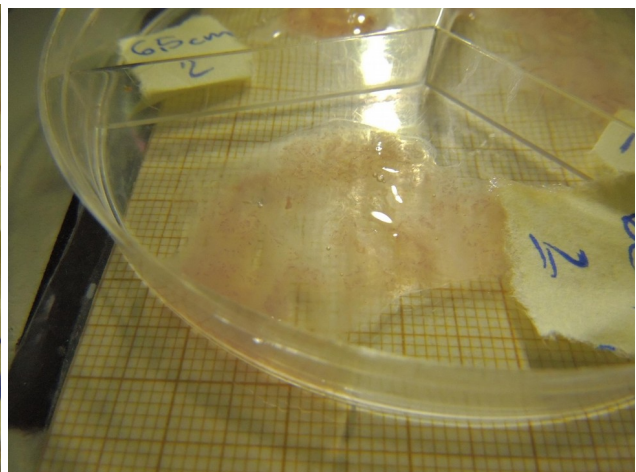


Figura 35: Gónadas femeninas de *P. noctiluca*. JM Disdier 2020.

## 7. CONCLUSIONES

- El presente trabajo valida que esta metodología puede incluirse, en la medida de lo posible, en futuras campañas MEDIAS. El hecho de que esta campaña recorra la plataforma continental desde Francia hasta Gibraltar en verano, hace que sea una buena oportunidad para la investigación en relación a *P. noctiluca*.
- Hasta el momento no constaban estudios acerca de *P. noctiluca* que abarcasen un área tan extensa en las costas españolas durante un mismo período y además, este trabajo ha permitido abrir otras líneas de investigación acerca de esta especie.
- La naturaleza holoplanctónica de *P. noctiluca* hace que su estudio resulte complicado. Al igual que las múltiples variables que influyen en su desarrollo y distribución. Por ello es necesario complementar con otros estudios.
- El estudio de los factores que favorecen las proliferaciones y llegadas masivas a las costas puede ayudarnos a convivir con esta especie, informando a la ciudadanía, y adoptando medidas de precaución o mitigación para reducir los impactos que puedan ocasionar.
- Las perspectivas futuras del mar Mediterráneo en relación al cambio climático, indican un ambiente favorable para *P. noctiluca*. El aumento de las temperaturas, las sequías y una acidificación de los océanos presentan un panorama favorable a *P. noctiluca*. Si esto es así, podríamos considerar a *P. noctiluca* como un indicador del cambio climático.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Estatal de Meteorología (2019 y 2020). Informe mensual climatológico. Departamento de producción, área de climatología y aplicaciones operativas. Recuperado de: [http://www.aemet.es/ca/serviciosclimaticos/vigilancia\\_clima/resumenes](http://www.aemet.es/ca/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/resumenes)
- Attrill, M. J., Wright, J., & Edwards, M. (2007). Climate-related increases in jellyfish frequency suggest a more gelatinous future for the North Sea. *Limnology and Oceanography*, 52(1), 480–485. <https://doi.org/10.4319/lo.2007.52.1.0480>
- Canepa, A., Fuentes, V., Sabatés, A., Piraino, S., Boero, F., & Gili, J.-M. (2014). Jellyfish Blooms (K. A. Pitt & C. H. Lucas (eds.)). *Pelagia noctiluca* in the Mediterranean Sea. pp (237-266).
- Cardona, L., de Quevedo, I. Á., Borrell, A., & Aguilar, A. (2012). Massive consumption of gelatinous plankton by mediterranean apex predators. *PLoS ONE*, 7(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031329>
- Cedeño, C. M. (2010). *Composición preliminar de las medusas (Cnidaria: cubozoa y scyphozoa) de las aguas superficiales costeras de la región de Santa Marta.*
- Cegolon, L., Heymann, W. C., Lange, J. H., & Mastrangelo, G. (2013). Jellyfish stings and their management: A review. *Marine Drugs*, 11(2), 523–550. <https://doi.org/10.3390/md11020523>.
- Goy, J., Morand, P., & Etienne, M. (1989). Long-term fluctuations of *Pelagia noctiluca* (Cnidaria, Scyphomedusa) in the western Mediterranean Sea. Prediction by climatic variables. *Deep Sea Research Part A, Oceanographic Research Papers*, 36(2), 269–279. [https://doi.org/10.1016/0198-0149\(89\)90138-6](https://doi.org/10.1016/0198-0149(89)90138-6)
- Cocco, M., Garibaldi, F., Relini, L. O., Relini, G., Genova, U., Ris, D. I. P. T. E., Marina, B., Medusae, K., & Sea, L. (2010). *Medusivorous fishes of the Ligurian Sea 2. The specialist, Schedophilus.* 2010.
- Ferraris, M., Berline, L., Lombard, F., Guidi, L., Elineau, A., Mendoza-Vera, J. M., Lilley, M. K. S., Taillandier, V., & Gorsky, G. (2012). Distribution of *Pelagia noctiluca* (Cnidaria, Scyphozoa) in the Ligurian Sea (NW Mediterranean Sea). *Journal of Plankton Research*, 34(10), 874–885. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbs049>.
- Helm, R. R. (2018). Evolution and development of scyphozoan jellyfish. *Biological Reviews*, 93(2), 1228–1250. <https://doi.org/10.1111/brv.12393>

- Larson, R. (1987). A note on the feeding, growth, and reproduction of the epipelagic scyphomedusa *Pelagia noctiluca* (Forskål). *Biological Oceanography*, 4(4), 447–454.  
<https://doi.org/10.1080/01965581.1987.10749501>
- Le cren, E. . (1951). The Length-Weight Relationship and Seasonal Cycle in Gonad Weight and Condition in the The Lenght-Weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch. *British Ecological Society*, 20(2), 201–219.
- Lilley, M. K. S., Elineau, A., Ferraris, M., Thiéry, A., Stemmann, L., Gorsky, G., & Lombard, F. (2014). Individual shrinking to enhance population survival: Quantifying the reproductive and metabolic expenditures of a starving jellyfish, *Pelagia noctiluca*. *Journal of Plankton Research*, 36(6), 1585–1597. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbu079>
- Lynam, C. P., Lilley, M. K. S., Bastian, T., Doyle, T. K., Beggs, S. E., & Hays, G. C. (2011). Have jellyfish in the Irish Sea benefited from climate change and overfishing? *Global Change Biology*, 17(2), 767–782. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02352.x>
- M de Castro, C. G. and S. C. (2002). *Environmental Challenges in the Mediterranean 2000-2050* (A. Marquina (ed.)).
- Malej, A. (1989). Behaviour and trophic ecology of the jellyfish *Pelagia noctiluca* (Forsskål, 1775). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 126(3), 259–270.  
[https://doi.org/10.1016/0022-0981\(89\)90191-3](https://doi.org/10.1016/0022-0981(89)90191-3)
- Marcos-López, M., Mitchell, S. O., & Rodger, H. D. (2016). Pathology and mortality associated with the mauve stinger jellyfish *Pelagia noctiluca* in farmed Atlantic salmon *Salmo salar* L. *Journal of Fish Diseases*, 39(1), 111–115. <https://doi.org/10.1111/jfd.12267>
- Mariottini, G. L., Giacco, E., & Pane, L. (2008). The mauve stinger *Pelagia noctiluca* (Forsskål, 1775). Distribution, ecology, toxicity and epidemiology of stings. A review. *Marine Drugs*, 6(3), 496–513. <https://doi.org/10.3390/md20080025>
- Milisenda, G., Martinez-Quintana, A., Fuentes, V. L., Bosch-Belmar, M., Aglieri, G., Boero, F., & Piraino, S. (2018). Reproductive and bloom patterns of *Pelagia noctiluca* in the Strait of Messina, Italy. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 201, 29–39.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.01.002>
- Rosa, S., Pansera, M., Granata, A., & Guglielmo, L. (2013). Interannual variability, growth, reproduction and feeding of *Pelagia noctiluca* (Cnidaria: Scyphozoa) in the Straits of Messina (Central Mediterranean Sea): Linkages with temperature and diet. *Journal of Marine Systems*, 111–112, 97–107. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2012.10.001>
- Sabatés, A., Pagès, F., Atienza, D., Fuentes, V., Purcell, J. E., & Gili, J. M. (2010). Planktonic cnidarian distribution and feeding of *Pelagia noctiluca* in the NW Mediterranean Sea. *Hydrobiologia*, 645(1), 153–165. <https://doi.org/10.1007/s10750-010-0221-z>

- Sabatés, A., Salat, J., Tilves, U., Raya, V., Purcell, J. E., Pascual, M., Gili, J. M., & Fuentes, V. L. (2018). Pathways for *Pelagia noctiluca* jellyfish intrusions onto the Catalan shelf and their interactions with early life fish stages. *Journal of Marine Systems*, 187(June), 52–61. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2018.06.013>
- Vives, F. (1992). *Las medusas de las Islas Baleares* (Ecosistema y Escifomedusas de la Bahía de Alcúdia) 166-170.

# ANEXO I:

Tabla 3: Resumen de los resultados de la campaña MEDIAS 2019 en relación al estudio de *P. noctiluca*. En esta tabla se recogen la distribución de frecuencias de talla, nº de ejemplares, el peso, la profundidad de la pesca, la distancia a la costa y tallas medias, máximas y mínimas.

	PESCAS AÑO 2019																							
TALLAS cm	7	10	12	15	16	18	19	20	21	22	24	25	26	27	28	30	31	32	34	35	37	43	44	45
2	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
2.5	0	0	0	159	0	10	7	0	2	0	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	2	0	6
3	2	0	0	95	4	8	18	0	2	0	0	16	7	0	88	0	0	0	0	0	0	2	0	8
3.5	8	0	0	254	12	22	54	2	4	4	0	8	7	3	176	0	0	2	0	2	0	2	5	4
4	16	6	9	254	12	16	11	2	2	2	4	39	7	6	263	0	0	6	0	2	0	4	0	12
4.5	12	66	80	191	10	10	18	2	0	4	16	94	28	6	570	8	0	6	0	10	45	4	0	16
5	4	72	18	127	22	12	25	6	0	10	24	63	71	17	263	2	96	6	0	14	45	6	5	6
5.5	10	66	0	159	12	2	7	2	2	4	24	78	85	22	176	6	44	8	2	12	135	2	27	2
6	8	60	27	64	8	4	22	2	0	4	16	39	85	50	263	6	131	0	0	10	226	4	23	6
6.5	4	24	18	64	8	2	15	2	0	2	10	31	28	17	219	10	35	2	4	12	113	8	41	4
7	6	18	9	95	4	0	0	0	0	2	4	8	28	8	88	2	96	0	2	4	293	2	41	0
7.5	0	6	35	32	4	0	4	0	0	0	0	0	7	6	44	0	9	4	0	2	90	0	27	0
8	2	0	18	32	2	0	0	0	0	2	2	16	0	3	0	0	9	0	0	0	68	0	27	0
8.5	0	0	9	64	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	9	0	0	2	68	2	9	0
9	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	45	2	5	0
9.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
10.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
EJEMPLARES	72	317	230	2166	107	82	140	13	13	47	100	511	355	125	1881	24	374	60	9	81	1538	46	273	77
PESO_Kg	0.85	4.84	5.40	33.27	2.00	0.71	1.45	0.10	0.09	0.94	0.77	3.39	5.18	2.33	29.19	0.43	8.81	0.73	0.12	0.80	39.86	1.08	7.56	0.82
PROF_MED	50	44	77	110	71	66	116	65	105	95	113	88	104	80	101	152	89	183	85	89	123	94	95	48
DISTANCIA_KM	1.81	3.19	9.26	26.30	9.45	12.04	40.11	17.87	44.15	42.48	59.41	41.91	59.26	31.04	27.78	26.21	16.30	26.95	17.00	19.00	31.54	3.54	6.67	1.98
TALLA_MEDIA	5.4	5.4	6.0	4.7	5.1	3.9	4.5	5.0	3.7	5.0	5.5	5.2	5.6	5.9	4.9	5.7	6.2	5.0	6.4	5.6	6.7	5.5	6.8	4.3
TALLA_MAX	8.0	7.5	9.0	8.5	8.5	6.5	7.5	6.5	5.5	9.5	8.0	8.0	7.5	8.5	7.5	7.0	9.0	7.5	7.0	8.5	9.0	9.0	12.0	6.5
TALLA_MIN	3.0	4.0	4.0	2.5	3.0	2.0	2.5	3.5	2.5	3.5	4.0	3.0	3.0	3.5	2.5	4.5	5.0	2.0	5.5	3.5	4.5	2.5	3.5	2.5

## ANEXO II:

Tabla 4: Resumen de los resultados de la campaña MEDIAS 2020 en relación al estudio de *P. noctiluca*. En esta tabla se recogen la distribución de frecuencias de talla, nº de ejemplares, el peso, la profundidad de la pesca, la distancia a la costa y tallas medias, máximas y mínimas.

TALLAS cm	PESCAS AÑO 2020																								
	7	8	9	10	11	13	14	15	17	18	19	21	22	24	25	26	27	28	29	33	34	35	36	37	40
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.5	0	0	0	0	0	0	26	2	5	0	0	0	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	4	0	52	0	5	3	0	14	0	0	0	9	0	0	6	0	0	0	0	0	0
3.5	0	0	2	36	15	0	105	2	10	42	0	56	2	2	6	16	0	0	6	0	0	0	0	0	0
4	0	0	2	36	190	3	366	6	53	51	40	141	5	6	5	22	0	0	15	3	2	0	6	2	0
4.5	0	46	3	251	47	5	628	13	58	57	100	282	8	6	3	47	3	0	11	0	0	0	6	3	2
5	0	161	3	287	26	0	288	13	63	100	197	197	5	8	0	97	2	5	6	2	5	0	3	8	5
5.5	0	184	11	609	15	6	157	16	121	39	251	381	8	3	5	59	5	2	13	3	3	3	8	8	2
6	0	344	3	824	4	3	52	13	97	51	201	85	5	5	3	47	3	2	5	0	3	0	10	6	0
6.5	0	275	5	502	0	2	78	11	24	9	100	99	2	3	0	25	6	3	0	5	0	0	8	3	0
7	2	115	0	179	0	2	0	6	34	0	50	28	2	0	0	25	11	2	6	3	0	0	5	3	0
7.5	2	23	0	36	0	0	26	2	5	3	10	14	3	0	0	3	11	0	2	5	0	2	5	0	0
8	0	0	0	72	0	0	0	2	0	0	10	0	0	0	0	3	8	0	0	0	0	0	3	2	0
8.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
9.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EJEMPLARES	4	1148	29	2832	301	21	1778	86	475	355	959	1297	40	35	22	359	53	14	70	21	13	5	54	35	9
PESO_Kg	0.05	18.78	0.56	53.79	1.90	0.26	10.76	0.78	6.52	2.58	9.71	14.98	0.29	0.40	0.18	2.81	0.96	0.20	0.48	0.45	0.11	0.06	0.68	0.92	0.02
PROF_MED	106	67	126	88	50	45	74	77	41	71	69	42	102	90	61	107	58	95	106	45	96	51	62	51	82
DISTANCIA_KM	7.91	4.35	15.37	3.89	2.80	3.65	14.24	8.78	2.35	11.30	9.67	13.00	50.41	45.37	17.83	59.15	17.67	26.00	26.89	10.69	19.30	3.56	9.63	2.78	12.13
TALLA_MEDIA	4.97	5.97	5.36	5.82	4.24	5.31	4.61	5.47	5.3	4.84	5.56	5.09	5.29	4.86	4.54	5.21	6.89	5.81	4.8	6.15	5.25	6.17	5.87	5.66	5
TALLA_MAX	7.5	7.5	6.5	8	6	7	7.5	8	7.5	7.5	8	7.5	7.5	6.5	6	8	9	7	7.5	7.5	6	7.5	8	8	5.5
TALLA_MIN	7	4.5	3.5	3.5	3	4	2.5	2.5	2.5	3	4	3	3.5	2.5	3.5	2	4.5	5	3	4	4	5.5	4	4	4.5



