

 **xpedicionària**  
expedició d'educació ambiental





**EXPEDICIONÀRIA: EXPEDICIÓN DE EDUCACIÓN AMBIENTAL  
DE LAS ISLAS A LA PENÍNSULA A BORDO DE LOS BUQUES DE BALEÀRIA  
CUADERNO DEL ALUMNO  
Materiales educativos desarrollados en el proyecto LIFE08 NAT ES CUBOMED**

© Universidad de Alicante

© Instituto de Ciencias del Mar del Consejo Superior de Investigaciones Científicas

Directores de esta edición:

Dra Verónica Fuentes, Instituto de Ciencias del Mar, Barcelona, CSIC

Dr Cesar Bordehore Fontanet, Universidad de Alicante



## El Mar Mediterráneo necesita ayuda

### INTRODUCCIÓN

El *Mare medi terraneum* (en latín) describe el Mediterráneo como un “mar en el centro de la tierra”. Esta cuenca constituye el mar interno más grande (2.969.000 km<sup>2</sup>) y más profundo (promedio de 1.460 m, máxima 5.267 m) de la Tierra .



Situado entre África, Europa y Asia, las costas del Mar Mediterráneo han sido testigos del florecimiento y decadencia de muchas civilizaciones humanas. La región fue una ruta importante para comerciantes y viajeros de la antigüedad, lo que permitió el comercio y el intercambio cultural, y hoy en día es notable por sus contribuciones a la economía y el comercio mundial. Sus costas soportan una alta densidad de habitantes, distribuidos en 21 estados modernos, y es uno de destinos más turísticos del mundo. El mar Mediterráneo se conecta a través del Estrecho de Gibraltar con el Océano Atlántico en el oeste y con el Mar de Mármara y el Mar Negro en el noreste. En el sureste, el Canal de Suez conecta el Mediterráneo con el Mar Rojo y el Océano Índico. El Estrecho de Sicilia, separa la isla de Sicilia de la costa de Túnez y divide el mar en dos subregiones principales: la occidental (área = 0,85 millones de km<sup>2</sup>) y la oriental (Área = 1,65 millones de km<sup>2</sup>).

En cuanto a sus características oceanográficas, el mar Mediterráneo se caracteriza por ser una “cuenca de concentración”: la evaporación es más alta en su mitad oriental, haciendo que el nivel del agua disminuya y la salinidad aumente de oeste a este. El gradiente de presión generado produce la entrada de aguas relativamente frías y de baja salinidad desde el océano Atlántico hacia el Mediterráneo. Estas masas de aguas se calientan hacia el este donde debido al



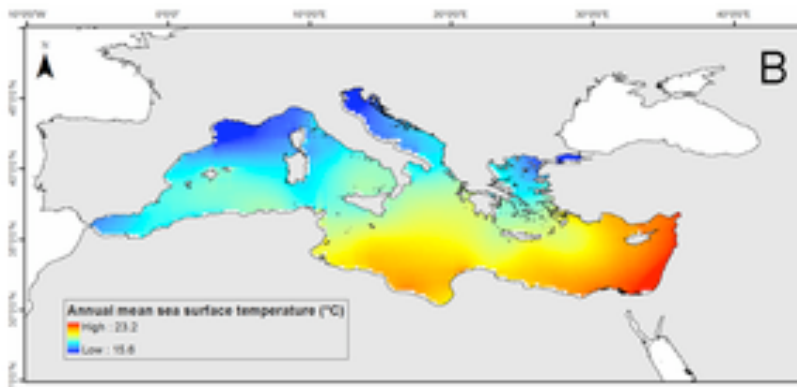


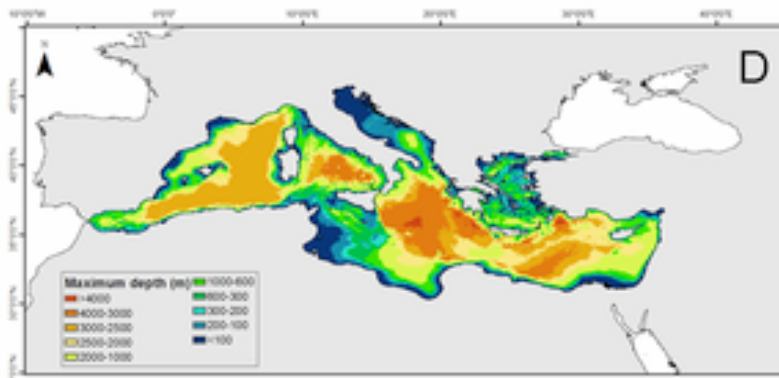
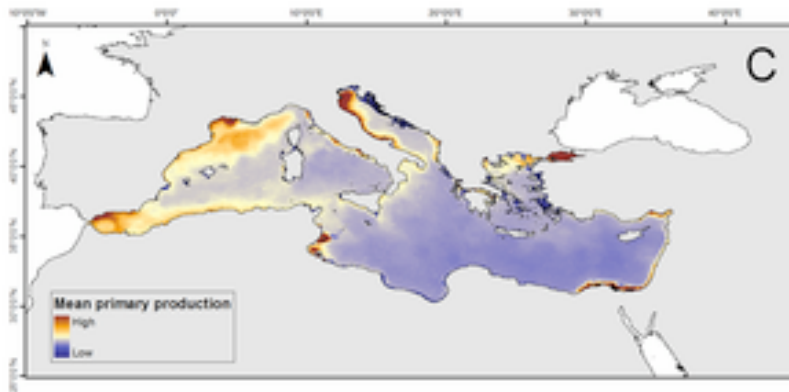
aumento de salinidad se hunden en la zona Levantina antes de circular hacia el oeste y salir nuevamente por el estrecho de Gibraltar.

El clima en la región se caracteriza por veranos calurosos y secos e inviernos fríos y húmedos. La temperatura superficial del agua muestra una alta estacionalidad e importantes gradientes de oeste a este y de norte a sur. La cuenca mediterránea es generalmente oligotrófica (bajas concentraciones de nutrientes), pero las características regionales pueden enriquecer las zonas costeras a través de los cambios en las condiciones de los vientos, las termoclinas temporales, las corrientes, las descargas de los ríos, y de aguas residuales municipales. La cuenca se caracteriza por fuertes gradientes ambientales, en los que el extremo oriental es más oligotrófico que el occidental. La producción biológica disminuye de norte a sur y de oeste a este y es inversamente proporcional al aumento de la temperatura y la salinidad.



1. Alboran Sea, 2. Balearic Sea, 3. Gulf of Lions, 4. Ligurian Sea, 5. Algeria and Tunisian waters, 6. Tyrrhenian Sea, 7. North Adriatic Sea, 8. Central Adriatic Sea, 9. South Adriatic Sea, 10. Ionian Sea, 11. North Aegean Sea, 12. South Aegean Sea, 13. Levant Sea, 14. Gulf of Gabès.





(A) Principales regiones biogeográficas, cuencas, y las divisiones administrativas del Mar Mediterráneo, (B) promedio anual de temperatura superficial del mar ( $^{\circ}$  C) (2003, NOAA), (C) promedio anual de producción primaria y (D) de profundidad media máxima (m) (NOAA).

## Diversidad en el Mediterráneo

El mar Mediterráneo es excepcionalmente rico en recursos, en él viven 7,5% de todas las especies animales y el 18% de toda la flora marina conocida, siendo que sólo representa el 0,8% de la superficie de los océanos del mundo.

La biota marina reciente en el Mar Mediterráneo es principalmente derivada del Océano Atlántico, pero la diversidad climática y la hidrología de la cuenca Mediterránea han contribuido a la co-ocurrencia y la supervivencia de organismos provenientes de zonas templadas y subtropicales. Un alto porcentaje de las especies marinas del Mediterráneo son endémicas. Se han determinado de esta manera una serie de especies emblemáticas de interés para la conservación, como las tortugas marinas, varias especies de cetáceos, y la monje del Mediterráneo (*Monachus monachus*) la cual se encuentra en serio peligro de extinción. Además, se encuentra en el mar Mediterráneo las principales áreas de desove del atún rojo (*Thunnus thynnus*). Otros hábitats únicos y también en riesgo de extinción los son las praderas de pastos marinos de la endémica *Posidonia oceanica*, arrecifes construidos por el gasterópodo endémico *Petraeum dendropoma*, las asociaciones de coralígeno y los corales de aguas profundas y los hábitats de especies pelágicas

que contribuyen a la construcción de estos ecosistemas únicos. En las zonas costeras del Mediterráneo existen también muchos de los hábitats más vulnerables. Se pueden nombrar 150 humedales de importancia internacional para las aves marinas y migratorias, y unas 5.000 islas e islotes.



Praderas de *Posidonia oceanica*

## Estado de la diversidad Mediterránea

Las praderas de *Posidonia oceanica*, una planta submarina que produce oxígeno y proporciona zonas cruciales para la puesta, cría y alimentación de muchas especies, se encuentran en peligro debido al crecimiento desmedido de un alga exótica, introducida accidentalmente.

El Mar Mediterráneo alberga 20 especies de cetáceos, la mitad de ellos durante todo el año, pero en su mayoría están amenazados o en regresión. Entre los mamíferos marinos, posiblemente una de las especies mediterráneas más carismáticas, a la vez que amenazadas, sea la foca monje, una especie que podría extinguirse en los próximos años.

Hay además tres especies de tortugas marinas presentes en el Mediterráneo, nuevamente, todas ellas están amenazadas, ya sea por la sobreexplotación pesquera, la contaminación o la pérdida de hábitats.

No hay que olvidarse tampoco de los tiburones. Son quizás los menos conocidos pero cumplen un papel fundamental en los ecosistemas marinos. La región mediterránea es conocida por poseer zonas de cría únicas para especies como el tiburón blanco.

Desgraciadamente, la pesca de tiburones aumentó vertiginosamente hacia mediados de los años 80, sobre todo en respuesta a la gran demanda de aletas de tiburón. Todo ello se hizo al amparo de una falta alarmante de control y de normativas. Puede ser sorprendente pero existe muy poca información disponible para hasta un 70% de las especies mediterráneas. Pese a esta carencia, aproximadamente el 46% de los tiburones y especies relacionadas se consideran amenazadas en el Mediterráneo.

Todavía ignorados hasta tiempos muy recientes encontramos los ecosistemas profundos que constituyen una parte importantísima de este mar. El Mediterráneo es en su mayor parte un mar profundo, con la excepción de sus estrechas plataformas costera. Casi una cuarta parte de la fauna marina de este mar es endémica, es decir, sólo se da en sus aguas, pero este porcentaje es aún mayor en sus zonas profundas. Allí encontramos ecosistemas muy sensibles, muchos de los cuales acaban de ser descubiertos. Estos ecosistemas están habitados muchas veces por especies todavía desconocidas para la ciencia e incluyen montes submarinos, cañones y corales de agua fría. El Mediterráneo es un ecosistema natural y humano de gran riqueza cuyos problemas ambientales reflejan su historia y son un buen ejemplo de los excesos que nuestras sociedades industriales han cometido en los océanos del planeta, particularmente durante los últimos 50 años.



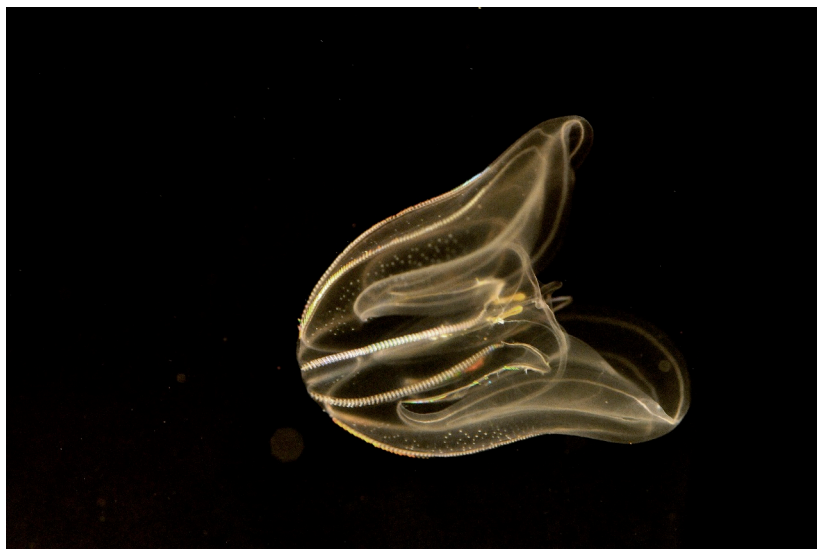
Delfín común

## Especies invasoras en el Mar Mediterráneo

A pesar de que el Mar Mediterráneo es un mar casi cerrado, la biodiversidad del Mediterráneo es definitivamente influenciada por la introducción de nuevas especies. Existe un ingreso constante de nuevas especies a través de sus enlaces a otros océanos. El área de distribución natural de las especies exóticas en el Mediterráneo es más comúnmente el Océano Indo-Pacífico (41%), seguido por el Océano Índico (16%), y el Mar Rojo (12%). Por lo que se puede deducir, que la



mayoría de las especies exóticas (53%) en el Mediterráneo ingresan por el Canal de Suez.



*Mmiopsis leidy*  
Ctenóforo, invasor que fue detectado por primera vez en el año 2009 en el Mar Mediterráneo

## Principales problemas ambientales en el Mar Mediterráneo

Sus ambientes oceánicos y costeros están expuestos a una gran presión antropogénica, el 80% de la contaminación proviene fuentes terrestres. Más de la mitad de las áreas urbanas que se encuentran en las zonas costeras Mediterráneas no poseen plantas de tratamiento de aguas residuales y el 60% de las aguas residuales producidas en estos centros urbanos se vierten directamente en el mar. Igualmente más del 80% de los vertederos en los países mediterráneos del Sur y del Este no están sujetos a las revisiones mínimas que aseguran la calidad de los vertidos.

Las zonas costeras de la región Mediterránea se encuentran bajo diferentes grados de presión antropogénica como consecuencia de los cambios demográficos que se han producido cuando grandes cantidades de personas que habitaban las zonas rurales se han trasladado a las zonas urbanas costeras lo que sugiere que las zonas costeras son de vital importancia para las economías de los países Mediterráneos. Por lo tanto, la rápida urbanización en conjunto con el desarrollo de una industria no sostenible en las costas del Mar Mediterráneo han generado importantes problemas ambientales y de salubridad. En la actualidad se calcula que alrededor de 150 millones de turistas visitan la zona cada año y se espera que esta cifra se eleve a 235-300 millón en los próximos 20 años.

La presión antropogénica al medio ambiente marino del Mediterráneo incluyen los residuos agrícolas y la escorrentía fluvial a través de la cual se favorece la llegada al mar de nutrientes, patógenos, metales pesados, contaminantes orgánicos persistentes, petróleo y sustancias radiactivas. Todas estas fuentes de contaminación afectan las áreas más productivas del medio ambiente marino Mediterráneo, incluidos los estuarios y aguas costeras poco profundas. Al mismo tiempo, los cambios que por acción humana se han realizado sobre sus 46.000 km

de costa están amenazando los hábitats costeros y marinos del Mar Mediterráneo, de vital importancia en el mantenimiento de un ecosistema saludable. Durante los últimos 30 años numerosas iniciativas y organizaciones internacionales han identificado las causas y problemas y las estrategias desarrolladas y las acciones para proteger este ecosistema único. Sin embargo al mismo tiempo las presiones antropogénicas sobre este ambiente aumentan y la degradación del ecosistema continúa de manera exacerbada.

## **Hidrocarburos y residuos plásticos**

El Mediterráneo tiene la mayor concentración de hidrocarburos y residuos plásticos de todos los mares del planeta. La mayor parte de la contaminación que llega a las aguas procede de actividades que se hacen en tierra firme. Cada año se vierten al mar 400.000 toneladas de hidrocarburos de forma clandestina. El mar Mediterráneo es el más contaminado del mundo. Así lo aseguran diversos informes realizados en los últimos años por organizaciones ecologistas. En sus aguas es tan fácil ver residuos plásticos como restos de hidrocarburos que proceden, sobre todo, de tierra firme. Las asociaciones ecologistas alertan de los perjuicios de esta contaminación, que puede llegar a repercutir en la salud humana.

Quienes se bañan estos días en una playa mediterránea tienen muchas posibilidades de encontrarse basura en el agua. En concreto podrían ver 33 unidades de residuos por cada metro cuadrado de agua. Es el promedio de suciedad de las costas españolas. Además, hay otra contaminación que no se ve: hasta 10 gramos de hidrocarburos por litro, según un estudio de la asociación ecologista Oceana.

Los plásticos son la basura más común y los responsables de la mayor parte de los problemas que sufren los animales y las aves marinas. Además, representan el 75% de los residuos de las playas. En alta mar, los grandes restos de plástico son más escasos, pero pueden llegar a 35 unidades por kilómetro cuadrado. Las zonas más sucias: España, Italia y Francia.

Tan preocupantes como los residuos sólidos son los líquidos. Cada año se vierten ilegalmente al Mediterráneo 400.000 toneladas de hidrocarburos de forma irregular. Las zonas más contaminadas coinciden con los grandes puertos. En los lugares más críticos se pueden encontrar hasta 10 gramos de estas sustancias por litro de agua.

Las fuentes de contaminación más directas son los ríos y los sistemas de drenaje pluvial, que transportan la basura desde las zonas urbanas del interior y las vierten al mar.

## **La fauna, primera perjudicada**

A través de los animales marinos, los seres humanos ingieren algunos de los residuos que producen. En esta cadena de la contaminación, la fauna marina es la primera perjudicada. La tortuga es el animal más estudiado en el Mediterráneo. Un 20% de los ejemplares examinados en la parte central del mar mostraba contaminación por hidrocarburos. Casi la mitad de la causa de muerte de una especie de este animal es la ingestión de estos contaminantes. Las tortugas también tienen graves problemas con los plásticos. Ésta y otras especies, sobre todo aves marinas, ingieren con frecuencia los pequeños restos que quedan en el mar. En algunos casos, los residuos atraviesan el intestino sin dañar al animal pero, en otros, pueden quedar alojados en la garganta o en el tracto digestivo. En la peor de las situaciones pueden provocar la muerte por inanición o malnutrición. Cuando los grandes restos de plásticos forman redes, es también frecuente que la fauna marina quede atrapada entre ellos. En otro tipo de animales está más estudiado cómo afecta la ingestión de metales pesados. Los bivalvos del Mediterráneo, por ejemplo, presentan más del triple de presencia de estos elementos que los del Atlántico. Cuando se compara el mar y el océano con otras variedades de peces, los del primero llegan a estar 12 veces más contaminados.

## **Animales como indicadores de las condiciones ambientales del Mar**

Un ejemplo de los efectos de la actividad humana sobre los ecosistemas mediterráneos es el del aumento desmedido de las poblaciones de medusas, incómodas para los bañistas de las costas del sur de España. Todas las hipótesis barajadas para explicar estas explosiones de población apuntan al ser humano como desencadenante.

Entre los factores encontramos: la descarga de nutrientes, originada por un modelo agrícola intensivo insostenible, la ausencia de predadores naturales que controlen las poblaciones de medusas -como tortugas marinas y atunes, víctimas de la sobrepesca y de las malas prácticas pesqueras- o el cambio climático.

En base a todo lo descrito anteriormente se deduce la necesidad de estudios científicos que muestren las condiciones reales del Mar Mediterráneo y que pueden así contribuir a la realización de acciones concretas de conservación.





## ECOLOGÍA Y BIOLOGÍA DE LAS MEDUSAS Y OTROS ORGANISMOS DEL PLANCTON GELATINOSO

RESUMEN DE LOS ASPECTOS CIENTÍFICOS MÁS IMPORTANTES EN RELACIÓN A LA TEMÁTICA DE LAS PROLIFERACIONES DE MEDUSAS Y OTROS ORGANISMOS DEL PLANCTON GELATINOSO.

### INDICE

<b>1. Introducción a las proliferaciones de Medusas .....</b>	<b>2</b>
<b>2. Cnidarios y Ctenóforos.....</b>	<b>7</b>
2.1. Diversidad de Cnidarios y Ctenóforos.....	7
2.2. Ciclos de Vida .....	10
<b>3. Especies de Medusas grandes abundantes y de importancia socio-económica en el Mediterráneo Noroccidental.....</b>	<b>12</b>
3.1 Pelagia noctiluca .....	12
3.2 Rhizostoma pulmo.....	14
3.3 Cotylorhiza tuberculata.....	15
3.4 Aurelia aurita .....	16
3.5 Carybdea marsupiales .....	17
<b>4. Otras especies de Organismos Gelatinosos abundantes y de importancia socio-económica en el Mediterráneo Noroccidental.....</b>	<b>20</b>
4.1 Velella velella .....	20
4.2 Physalia physalis.....	22
4.3 Mnemiopsis leidyi.....	24
<b>Primer registro del Ctenóforo <i>Mnemiopsis leidyi</i> A. Agassiz 1865 en las costas del Mediterráneo Nor-Occidental .....</b>	<b>24</b>
<b>5. Causas de las Proliferaciones de Medusas.....</b>	<b>27</b>
5.1 Fenómeno Natural.....	28
5.2 Causas Antropogénicas .....	30
5.2.3 Polución .....	30
5.2.4 Sobre-Pesca .....	31
5.2.5 Factores Antropogénicos: Eutrofización .....	34
5.2.6 Especies Autóctonas y Alóctonas.....	36
<b>6. Consecuencias</b>	



## 1. Introducción a las proliferaciones de Medusas

Antes de comenzar a desarrollar los aspectos teóricos más importantes en relación al tema consideramos aclarar el uso de una serie de términos que se utilizan arbitrariamente que poseen cada uno de ellos un significado particular:

**Agregaciones** (en Inglés aggregations) de plancton gelatinoso: el término agregaciones tiene sobre todo un contexto “**físico**”. Las agregaciones se producen por la acción de frentes oceánicos por ejemplo.

**Proliferaciones** de plancton gelatinoso se refiere a **aspectos demográficos** en los cuales los valores de abundancia de una determinada población son elevados. Sin dar lugar a explicaciones en cuanto al porque de estos grandes números.

**Enjambres** (en inglés swarms) de medusas. La formación de enjambres tiene carácter **comportamental**, es natural en los organismos de este tipo que poseen una fecundación de sus gametos externa, donde los organismos se agrupan y la liberación de gametas se produce por señales químicas.

**Explosiones** poblacionales de plancton gelatinoso (Outbreaks o Blooms en inglés) conllevan la idea de aspectos anormales y es lo que en la literatura científica se utiliza más y se relaciona con diferentes **factores de origen antropogénico**.

A partir de este momento, y para no dar connotaciones de ningún tipo a procesos que en las costas Españolas se están estudiando por primera vez, utilizaremos el término “**proliferaciones**”.

Las proliferaciones de medusas parecen haber aumentado substancialmente durante el último decenio en todos los mares y océanos del planeta a tenor del creciente número de estudios e informes elaborados sobre este fenómeno y del constante incremento de observaciones estivales registradas en aguas costeras. Particularmente en las costas Españolas, esta tendencia parece demostrarse en los últimos años pues la presencia de especies de medusas

como *Pelagia noctiluca*, que parecían tener ciclos de aparición, ha sido constante en aguas de Baleares, Cataluña y Andalucía.



Fig. 1. Agregación de *Pelagia noctiluca* en aguas de Ibiza, diciembre de 2006.



Figura 2. *Pelagia noctiluca* en aguas de Sant Feliu de Guixols (Girona), enero de 2007.



Fig. 3: *Pelagia noctiluca* en la costa de Ibiza, mayo de 2010.

En aguas atlánticas españolas, no se han identificado con precisión qué especies forman agrupaciones masivas que se regularmente año tras año estén produciendo agregaciones masivas pero en el Mediterráneo occidental, las especies protagonistas se conocen y son principalmente las Scyfomedusas *Pelagia noctiluca*, *Rhizostoma pulmo* y *Cotylothiza tuberculata*. Sin embargo existen otras poblaciones, generalmente de hidromedusas de menor tamaño (0.5-3 cm de diámetro) como *Veella veella*, que también pueden desarrollar crecimientos exponenciales que algunos años llegan a formar bancos de cientos de kilómetros cuadrados de extensión. En los últimos años también el sifonóforo *Physalia physalis* se acerca en grandes cantidades tanto a los costas atlánticas como mediterráneas de España produciendo alarma en el sector turístico debido sobre todo a la gravedad de sus picadas.





Fig. 4: *Physalia physalis* en Doñana, España. Marzo 2010.

Para establecer las causas que inician los crecimientos masivos de algunas poblaciones de plancton gelatinoso y favorecen su expansión geográfica, es esencial conocer la biología de las especies implicadas, pues se sospecha que las claves para identificar los mecanismos que originan las proliferaciones de medusas recaen en factores ambientales que inciden en los estadios iniciales del ciclo biológico de cada especie y promueven un rápido crecimiento individual y poblacional. Es importante resaltar que cada una de las especies mencionadas anteriormente, posee un ciclo vital, una distribución espacio-temporal y una ecología trófica diferente. *Pelagia noctiluca* es oceánica, carnívora y su desarrollo es directo. *Rhizostoma* y *Cotylorhiza* son neríticas y ambas pasan por una fase de pólipo bentónico, pero la segunda es mixotrófica. *Veleva* es neustónica (vive en la interfase hidrosfera-atmósfera), y la fase pólipo (carnívoro) prolifera conspicuamente mientras que la medusa (mixotrófica) fácilmente escapa a su detección pues es microscópica.



Fig. 5: Fotografía aérea de un banco de *R. pulmo* en la costa Catalana, Agosto 2010. Foto Agencia Catalana del Agua.

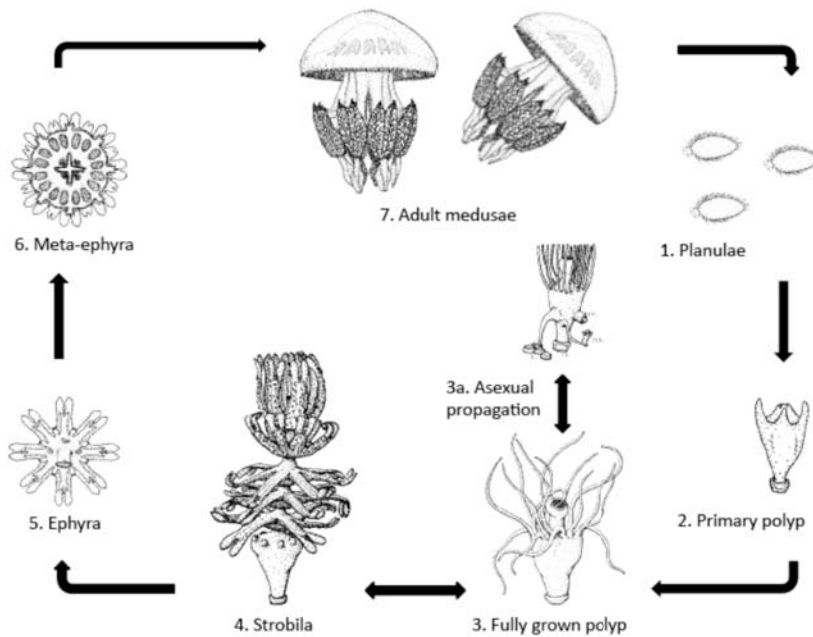


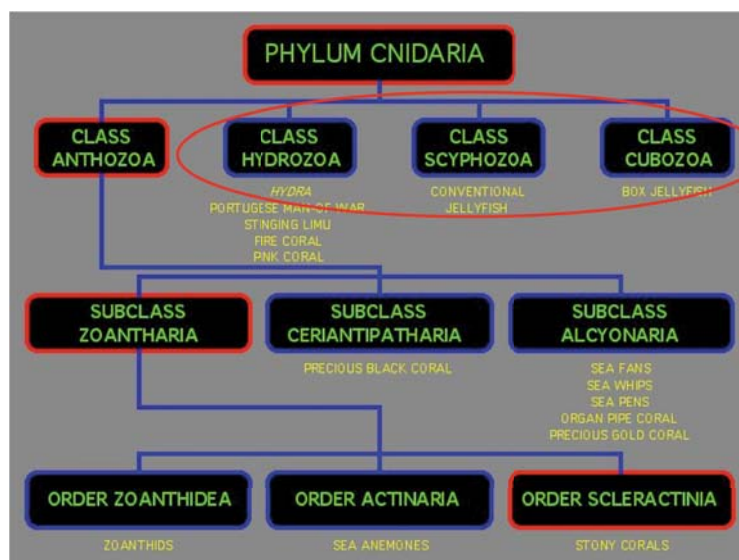
Fig. 6: ciclo de vida de *R. pulmo* como ejemplo de las especies que completan su ciclo de vida con ambas fases: pólipo y medusa. Dibujos: ICM-CSIC.

Más allá de la variaciones interanuales en la abundancia, los organismos del plancton gelatinoso (fase planctónica) aparecen estacionalmente en el plancton debido a la características de sus ciclos de vida. En el Mar Mediterráneo el período de máxima abundancia se encuentra entre el comienzo de la primavera y el fin del verano. Por ejemplo en la costa Catalana es normal encontrar grandes concentraciones de estos organismos en la plataforma continental a unas 20-40 millas de la costa, en zonas muy ricas en cuanto a abundancia de plancton. En estas zonas particularmente ricas estos organismos encuentran suficiente alimento para reproducirse y crecer y regenerar así grandes concentraciones de individuos. Estas acumulaciones pueden ser transportadas a las costas por los vientos superficiales y las corrientes marinas.

## 2. Cnidarios y Ctenóforos

### 2.1. Diversidad de Cnidarios y Ctenóforos

En la siguiente figura se puede observar la diversidad y agrupación taxonómica actual del grupo de los Cnidarios, mientras que marcados en el círculo rojo se encuentran los grupos en los cuales se ubican las especies de medusas más comunes en las costas Españolas.



medusas más comunes en las costas Españolas.



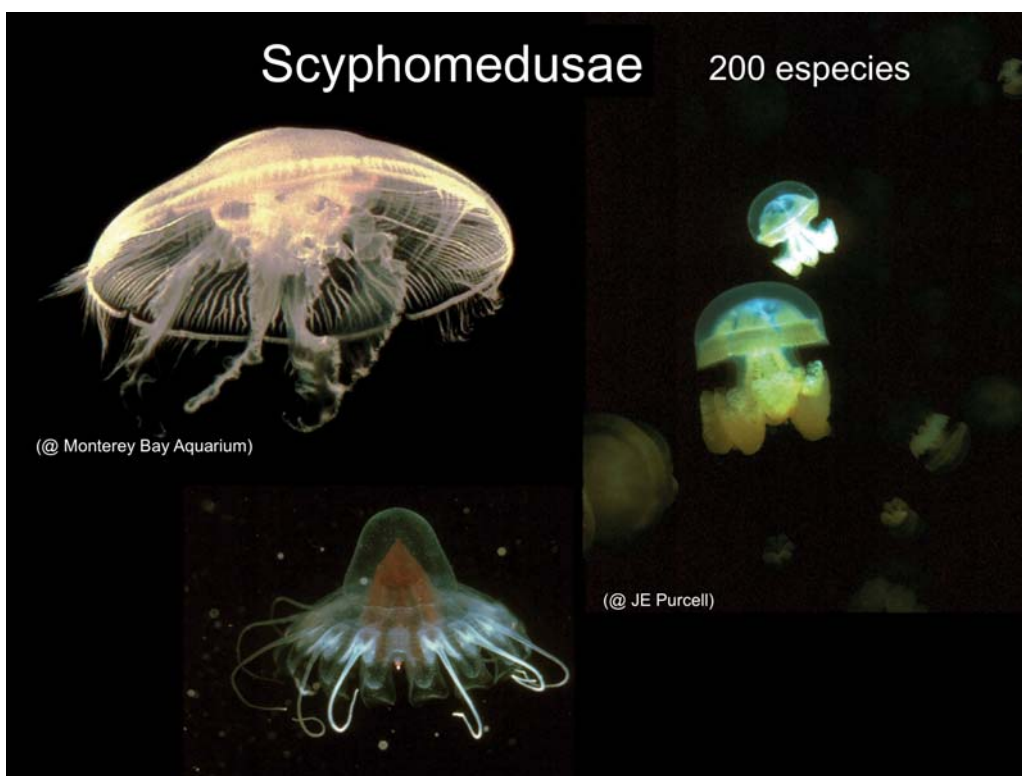
Las medusas pertenecientes a la Clase Hidrozoa presentan las fases de pólipo y medusa alternadas. Suelen ser de pequeño tamaño y pueden ser coloniales o solitarios. En las costas españolas en los últimos años la especie *Aequorea forskalea* es muy abundante en la primavera. En esta clase se incluyen también los sifonóforos, colonias flotantes de individuos pólipos y medusas con grandes y abundantes células con veneno para su defensa que, en algunos casos, pueden ser mortales para las personas. Los sifonóforos forman colonias complejas de individuos especializados en distintas funciones: unos sirven como órgano de flotación, otros para la nutrición, de defensa, o como función sensitiva. Entre las especies de sifonóforos más conocidas está el velero (*Velella velella*) o la fragata portuguesa (*Physalia physalis*), que puede producir dolorosas quemaduras a los bañistas, e incluso un paro cardíaco.



Las de la clase Scyfozoa agrupa a las conocidas como “verdaderas medusas”. Son medusas marinas grandes, normalmente con una fase pólipo muy reducida pero de importancia clave en la densidad de la fase medusa. Pertenecen a esta clase: la medusa luna (*Aurelia aurita*) muy frecuente en el



Mediterráneo, el acalefo azul (*Rhizostoma pulmo*) propia del Mediterráneo y el Atlántico o la aguacajada (*Cotylorhiza tuberculata*). Algunas especies presentan luminiscencia, como el acalefo luminiscente (*Pelagia noctiluca*) que puede resultar realmente impactante en una inmersión nocturna. Sus ocho tentáculos urticantes extendidos pueden llegar a medir 10 metros, es además una de las especies de mayor importancia en el Mar Mediterráneo debido a su interacción con los peces comerciales, el peligro de su picadura y la abundancia de sus enjambres.



Los Cubozoos son una clase con poco representantes que algunos autores agrupan dentro de la clase escifozoos. Habitan las aguas de mares tropicales y subtropicales. Son las denominadas medusas cubo o avispas de mar. Tienen la umbrella en forma de cubo, con cuatro costados. Suelen ser muy urticantes y pueden causar la muerte a una persona en pocos minutos si no es tratada con un antídoto. En el mar mediterráneo *Carybdea marsupialis* es la única especie presente, aunque no es autóctona de este mar ya que ha sido introducida muchos años atrás.



## 2.2. Ciclos de Vida

Las especies de medusas costeras más comunes en las costas Españolas poseen, como ya se mencionó en el apartado anterior, un ciclo de vida que consta de dos tipos de organismos diferentes los cuales representan diferentes etapas del ciclo de vida. Una etapa libre y nadadora en el plancton que es la medusa propiamente dicha y una etapa en forma de pólipo que se fija al fondo marino. La forma medusa es sexuada, habiendo medusas macho y medusas hembras. Durante la época de reproducción los individuos de cada sexo liberan al medio las gametas, y es allí donde se produce la fecundación. Del huevo fecundado se origina una larva llamada “planula” que se desplaza hacia el fondo donde al cabo de unos pocos días se transforma en un pólipo. Este pólipo es asexual y su tiempo de vida varía según las

especies. Cada pólipo es capaz de generar, por medio de un proceso llamado estrobilación, un número diferentes de “éfiras” (larvas de medusas) según la especie. Estas medusas juveniles van creciendo hasta alcanzar la madurez sexual. El ciclo de vida de *Aurelia aurita*, el cual es similar al de otras especies como *Rhizostoma pulmo* y *Cotylorhiza tuberculata*.

El éxito de la fase pólipo es uno de los aspectos que podría tener mucha importancia en la determinación del tamaño de las poblaciones de medusas adultas. El ciclo de vida de la mayoría de las especies de medusas costeras que se observan en las costas españolas consta de una fase pólipo que, por un lado se multiplica asexualmente produciendo nuevos pólipos y que mediante el proceso de estrobilación da origen a las larvas de medusas.

El control de las poblaciones de medusas no parece estar en las medusas adultas. Las

poblaciones de las especies grandes de medusas como *Aurelia aurita*, *Cotylorhiza tuberculata* o *Rhizostoma pulmo*, no parecen ser reducidas drásticamente por la predación y por el contrario se cree que la clave esta en el éxito de la fase pólipo. En este sentido es muy importante profundizar en el conocimiento de los factores que afectan a esta etapa del ciclo de vida.

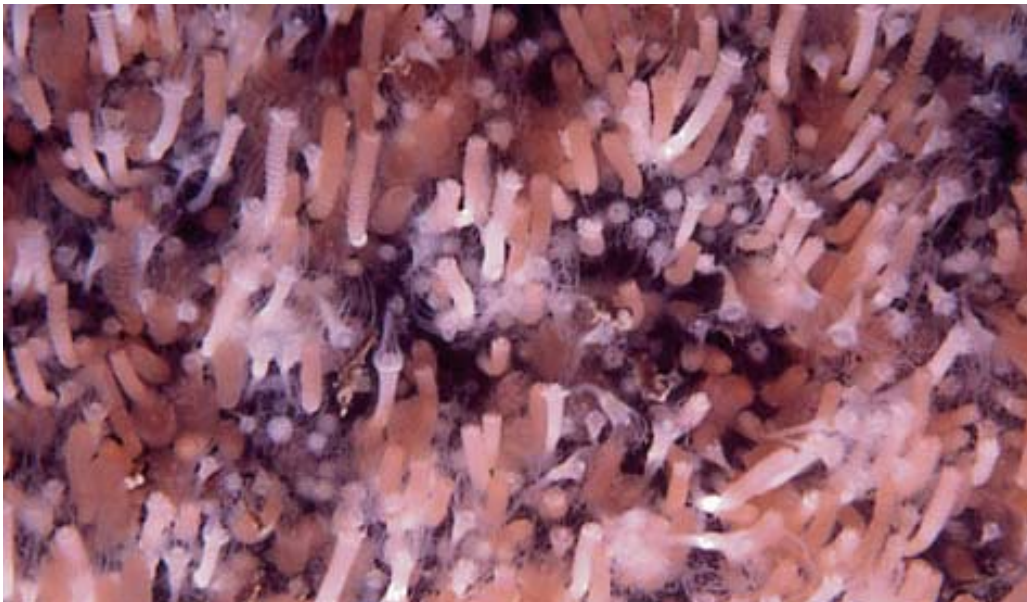


Fig. 7: Población de pólipos de *A. aurita* en proceso de estrobilación. Foto Jennifer Purcell.



Según la literatura, la temperatura tendría un efecto muy marcado en las poblaciones de medusas. La mayoría de las especies desarrollan poblaciones más

grande en zonas donde las temperaturas son mayores. Experimentos que han sido llevados a cabo con especies de zonas templadas han mostrado que las

temperaturas más altas incrementan la reproducción asexual de los pólipos e incluso el número de larvas (efiras) que se producen por pólipo. En cuanto a las especies del Mar Mediterráneo, resultados similares se han encontrado para *Cotylorhiza tuberculata* y *Rhizostoma pulmo* (Fuentes et al. en preparación).

### **3. Especies de Medusas grandes abundantes y de importancia socio-económica en el Mediterráneo Noroccidental**

#### **3.1 *Pelagia noctiluca***

*Pelagia noctiluca* (Cnidaria: Scyphozoa) es una especie de tamaño reactivamente pequeño generalmente de color rosado o marrón claro que mide alrededor de entre 3 a 15 mm de diámetro de umbrela, aunque en los últimos años en el Mar Mediterráneo se han detectado organismos particularmente grandes. Poseen una umbrela esférica. Cuatro brazos orales y 8 tentáculos marginales. Las células urticantes (nematocistos) se ubican en las lamelas, tentáculos marginales, brazos orales así como también en la superficie de la umbrela. Esta especie posee desarrollo directo ya que el ciclo de vida se completa sin pasar por la fase betónica de pólipo.

*P. noctiluca* tiene una distribución muy amplia y es conocida como una especie típica de aguas cálidas aunque debido a las corrientes puede ingresar en agua más frías como el Atlántico Norte y el Pacífico Norte, donde parece también encontrar condiciones adecuadas para su supervivencia.



Es conocida como una especie de alta mar, pelágica que regularmente es arrastrada a las costas por efecto de las corrientes. Posee además una distribución vertical bien marcada, normalmente se concentra entre los 150 m de profundidad y la superficie aunque durante las horas del día suelen hallarse la mayor cantidad de organismos entre los 300 y 500 m de profundidad, y hasta un máximo de 1400 m.

En el Mar Mediterráneo grandes concentraciones de esta especie son observados muy frecuentemente en agua pelágicas desde Mayo , en los meses de verano hasta Agosto. La presencia de esta especie en aguas costera esta muy ligada a los vientos y las corrientes. Es en las zonas costeras donde la especie ejerce la mayor influencia sobre las actividades humanas debido a la importancia de sus picaduras y su efecto sobre el turismo.



Fig. 8: *Pelagia noctiluca* hallados en los últimos años. La medusa que se encuentra en la parte superior de la fotografía representa el tamaño normal de los ejemplares hallados en los últimos años, mientras que la inferior de los organismos encontrados en la primavera de 2010. Foto: ICM.



### 3.2 *Rhizostoma pulmo*

Especie de Scyfomedusa endémica de las aguas del Mar Mediterráneo. De coloración blanca y con un ribete lila en el borde de la umbrella puede llegar a medir hasta 50 cm de diámetro. La umbrella es hemi-esférica, no posee tentáculos marginales y presenta muy conspicuos brazos orales. La abundancia de esta especie parece estar aumentando desde los años 70 hasta la actualidad y su presencia puede causar importantes daños económicos debido a su aparición en las redes de pesca además de ser una especie con un grado medio de importancia médica debido a sus picadas.

El ciclo de vida de la especie consta de fase bentónica. Al momento de estrobilar (generalmente en los meses de abril y mayo) el pólipo puede producir entre 4 a 12 éfiras dependiendo fundamentalmente de la temperatura del agua. El ciclo de vida ha sido completado por primera vez en laboratorio en el instituto de Ciencias del Mar de Barcelona (Fuentes et al., enviado).

En España recientes proliferaciones de esta especie, presumiblemente ligadas a procesos de eutrofización de aguas costeras, han sido observados en el Mar Menor (Murcia), donde la especie es alóctona.



Fig. 9: *R. pulmo* halladas en las redes de pesca en Premià de Mar, Barcelona. Fotografía enviada por la Cofradía de Pescadores en Julio de 2010.

### 3.3 *Cotylorhiza tuberculata*

Especie que pertenece a la misma familia de medusas “Rhizostomae” al igual que *R. pulmo*. De coloración amarillenta con tonos marrones claros, posee una umbrela chata que puede llegar a medir 30 cm de diámetro. Posee 8 brazos orales con numerosas proyecciones de color violeta. Es una especie también endémica del Mar Mediterráneo aunque actualmente también se la puede encontrar en el Mar Rojo y en las Islas Canarias. Los organismos adultos desaparecen en el invierno pero la fase pólipo sobrevive y estrobila cuando las temperaturas son lo suficientemente altas, hacia fines de primavera y comienzos del verano. *Cotylorhiza tuberculata* se encuentra asociada a numerosas especies de peces que viven y se refugian entre las proyecciones de sus brazos orales.

Los mismos procesos de eutrofización en el Mar Menor han afectado aumentando las cantidades de esta especie en esas aguas en los últimos años. Existen numerosos estudios acerca de las proliferaciones de medusas en el Mar Menor por lo que recomendamos la lectura de esta literatura específica en caso de interés.



Fig. 10: *C. tuberculata* en La Ampolla, Catalunya, Agosto 2010. Foto Agencia Catalana del Agua.

### 3.4 *Aurelia aurita*

También llamada “medusa común” *A. aurita* es una medusa de color blanquecino, umbrela chata y numerosos y finos tentáculos marginales. Posee además cuatro brazos orales y gónadas que pueden ser muy visibles con forma de herraduras.

Es una especie cosmopolita que vive sobre todo en zonas templadas y de aguas frías. Llevan a cabo migraciones verticales en la columna de agua bajo





la influencia de la luminosidad, posiblemente siguiendo las migraciones de su alimento: el zooplancton.

En los últimos años la especie no ha reportado grandes proliferaciones en las costas Españolas con excepción del Mar Menor. Sin embargo hay zonas del Mar Mediterráneo como el Mar Adriático donde la especie a aumentado cerca de treinta veces su abundancia desde los años 80. Es una especie que también aumenta su biomasa en aguas con excesos de nutrientes.

La fase medusa se presenta en primavera verano y la fase pólipo sobrevive todo el año. Los pólipos de la especie pueden producir hasta 18 efitas dependiendo de la temperatura. Sus pólipos han demostrado incrementar la producción de brotes por reproducción asexual a medida que aumenta la temperatura.

Es una especie que no reviste importancia médica debido a que sus picadas son muy poco dolorosas pero afectarían las pesquerías debido a la gran interacción que poseen con los peces: competencia y predación sobre todo.

### **3.5 *Carybdea marsupiales***

*Carybdea marsupialis* (Linné 1758) pertenece a la clase Cubozoa, la cual junto a las clases Antozoa, Hidrozoa y Scyfozoa conforman el Filum Cnidaria. Las medusas pertenecientes a la clase Cubozoa se denominan cubomedusas. En general las cubomedusas son muy buenas nadadoras y muy conocidas por los efectos que, sobre los seres humanos, tienen sus picaduras. El nombre cubomedusa responde también a la forma cúbica de su umbrella (Figura1).

Aunque los Cubozoos son la clase más pequeña dentro de los Cnidarios, el número de especies de cubomedusas descritas ha aumentado en los últimos años, de manera que actualmente forman parte de este grupo unas 50 especies que se distribuyen en ambientes acuáticos tropicales y subtropicales. Sin embargo en la última década *Carybdea marsupialis* ha sido observada en varios puntos del Mediterráneo e incluso se han registrado apariciones masivas en algunas zonas costeras (Bordehore et al, enviado).



LIFE08 NAT/E/000064

Esta especie no es nativa del Mar Mediterráneo siendo muy abundante en el Mar Caribe. La relación entre las poblaciones de *C. marsupialis* de la cuenca mediterránea con otras zonas zoogeográficas de climas más cálidos y aparentemente aisladas de la primera debe ser estudiada para comprender la posible vía de colonización de esta región.

La fase medusa es la dominante en el ciclo de vida de este grupo de Cnidarios. Los pólipos son muy pequeños y producen una única medusa a través de un proceso de transformación completa. Sin embargo, en los últimos años se han llevado a cabo estudios que han revelado la existencia de dos tipos de metamorfosis en esta especie, una de la cuales tiene similitudes con la estrobilación, característica en las scyfomedusas (Scyfozoa) donde una vez producida la formación de la medusa, queda en el sustrato un pequeño remanente del pólipo que dará origen a un nuevo pólipo. Estos estudios han ampliado el conocimiento sobre la capacidad de reproducción de la fase pólipo de esta especie así como también se han revelado importantes relaciones evolutivas entre ambos grupos de cnidarios. En verano de 2008 se detectó por primera vez una proliferación masiva de la especie *C. marsupialis* en el litoral de Dénia (Alicante, España) (Bordehore et al., enviado), aunque ya se había detectado la presencia de unos pocos individuos en el verano de 2007. Desde entonces se están desarrollando una serie de estudios de alcance local, nacional y europeo para conocer la distribución espacio-temporal de la especie en el área de influencia, sus preferencias de hábitat y posibles zonas de expansión. Las abundancias de *C. marsupialis* registradas en los últimos dos años en esta zona del litoral español son las mayores jamás registradas en el mar Mediterráneo.

La presencia y posible expansión de la especie *C. marsupialis* puede tener importantes consecuencias en el ambiente marino debido a su fuerte capacidad invasora (rápido crecimiento poblacional debido a la capacidad reproductiva de la fase pólipo) además de ser una especie competidora por recursos tróficos con otros organismos incluyendo a los peces zooplanctívoros. Además, esta especie es consumidora de larvas de peces, con lo cual su impacto sobre las poblaciones de peces es aún mayor. Este

impacto ecológico se vería agravado por el impacto que podría generar sobre el uso recreativo de las aguas costeras y la salud de las personas. La picadura de los Cubozoos, causa fuertes dermatitis y otros síntomas moderados, pudiendo llegando incluso a comprometer la vida según la sensibilidad de la víctima y la superficie afectada. Cabe destacar que en el verano de 2008 en una zona litoral de Denia de no más de 200 m de extensión se registraron más 3000 incidencias de picadas de esta especie de medusa (Bordehore et al. enviado).

La mayoría de estudios realizados con Cubozoos han sido a causa de la interacción de estos organismos con bañistas en zonas de turismo de playa y debido a sus picadas. Es por ello que en la actualidad se conoce muy bien la composición de las sustancias venenosas de los nematocistos o el sistema de visión de muchas especies de cubomedusas, pero poco se sabe de su eco-fisiología.



Fig.11: *C. marsupialis*, especie mediterránea, organismo adulto. Foto: ICM.

La proliferación masiva de esta especie invasora podría, por lo tanto, producir importantes cambios en la estructura de la comunidad y consecuentemente producir alteraciones sobre la biodiversidad y el equilibrio de los ecosistemas. En el marco de los estudios iniciados se pretende detectar y cuantificar la presencia de *Carybdea marsupialis* a lo largo de las costas del Mediterráneo Nor-Occidental para así determinar su rango de su distribución y detectar zonas sensibles a futuras proliferaciones.

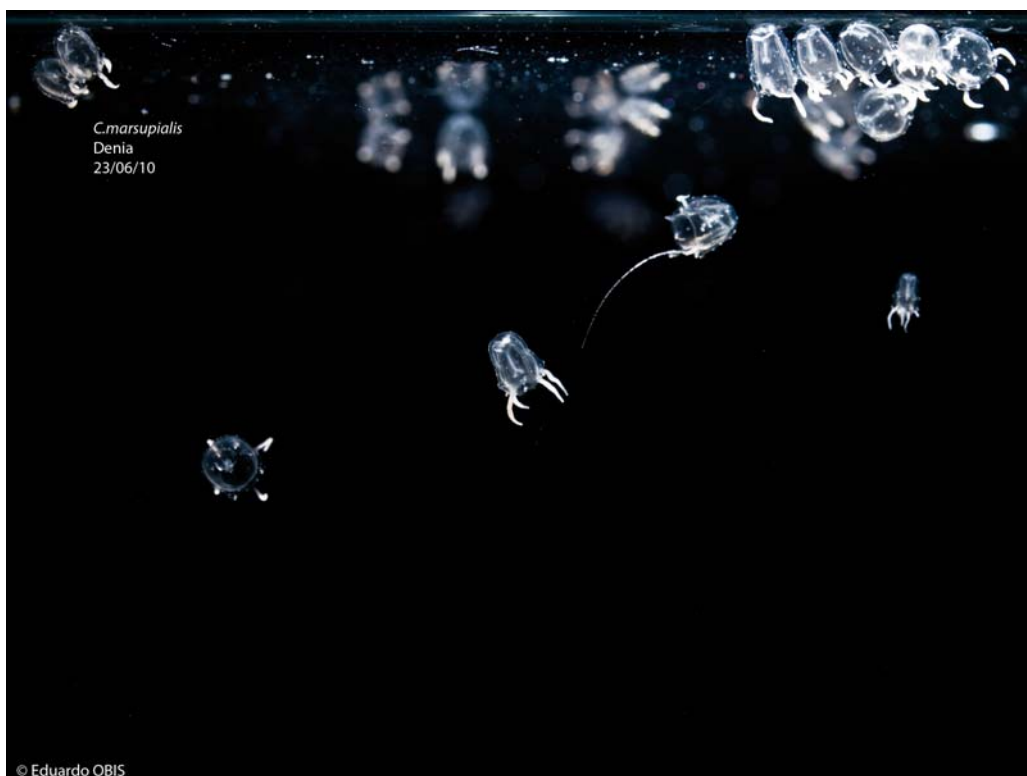


Fig. 12: Juveniles de *C. marsupialis* hallados en las costas de Denia (Alicante) en junio de 2010. Foto: ICM.

#### 4. Otras especies de Organismos Gelatinosos abundantes y de importancia socio-económica en el Mediterráneo Noroccidental

##### 4.1 *Velella velella*



LIFE08 NAT/E/000064

Estos organismos constituyen colonias de hidrozooos flotadores, por lo tanto lo que se observa habitualmente no constituye la fase medusa en el ciclo de vida de la especie sino la fase pólipo, que en lugar de estar fijos a sustratos son flotantes. Esta colonia de pólipos esta muy especializada y cada uno de los pólipos cumple una tarea específica.

El disco natatorio suele tener un diámetro de 8 cm y es de forma oval que incluye el cuerpo natatorio y una vela con forma de media luna. La parte inferior del disco esta cubierta por un pólipo nutricio rodeado de una corona interna de pólipos reproductores y una corona externa de pólipos con tentáculos que capturan el alimento.

Los pólipos reproductores producen medusas sexuadas masculinas y femeninas que descienden a mayores profundidades y liberan allí sus gametos, produciéndose la fecundación. El embrión alcanza la superficie luego ayudado por el depósito de grasa que posee y es allí en la superficie donde este crece y se transforma en un velero adulto. Esta especie es típica del Océano Atlántico y llega al Mediterráneo arrastradas por las corrientes marinas, sobre todo en la primavera se han observado cerca de las costas bancos muy grandes de estos organismos.

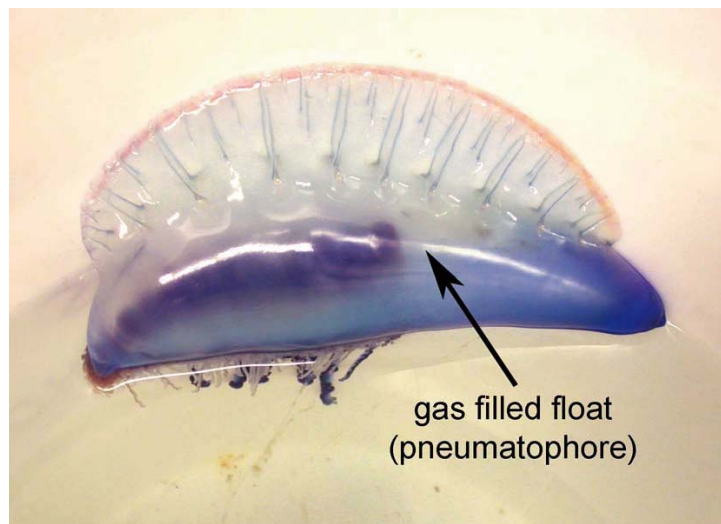




Fig. 13: banco de *Veleva veleva* en las costas de Formentera, Abril 2010.  
Foto: Agencia Catalana del Agua.

#### 4.2 *Physalia physalis*

Esta especie pertenece al grupo de los Sifonóforos (son Cnidarios de la Clase Hidrozoa) por lo tanto no es una medusa, aunque se la considera parte del plancton gelatinoso. La carabela portuguesa es en realidad una colonia de individuos uni-sexuados donde se encuentran pólipos

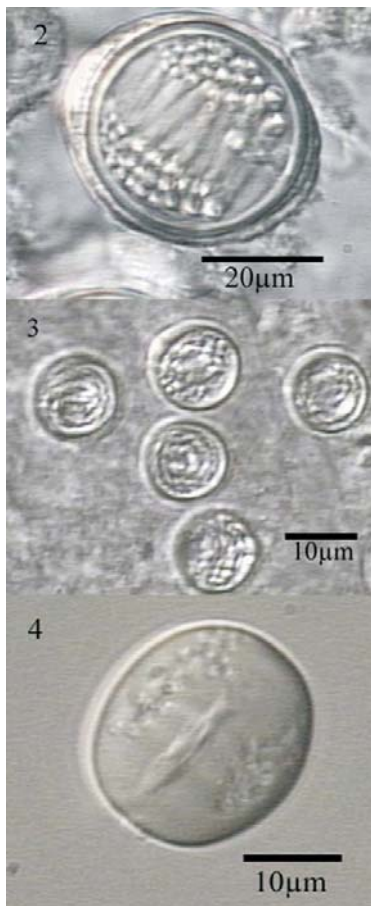


morfológica y funcionalmente muy diferentes entre si. el neumatóforo (parte que flota o vela), los gastrozoides (digestión), dactilozoides (detección y

captura de presas, y defensa) y los gonozoides (reproducción). El neumatóforo en forma de saco mide entre unos 10 y unos 30 cm de largo y es de color violeta-azul brillante.

Los nematocisto urticantes se ubican en los tentáculos que cuelgan del flotador y la acción de liberación del veneno se realiza a nivel individual (cada pólipo de la colonia) debido a diferencias de presión (osmótica e hidrostática). Poseen células urticantes de dos tamaños y la toxicidad de las mismas ha sido bien estudiada (ver anexo literatura).

Se cree que la fertilización y reproducción ocurre en mar abierto donde los



gonozoides liberan los gametos, en este proceso los gonozoides se rompen y son liberados de la colonia. La liberación de los gonozoides parece ser debido a una respuesta química cuando los organismos se encuentran unos cerca de otros, se cree que se requiere de una densidad "crítica". La reproducción parece tener lugar en el otoño ya que la mayor cantidad de organismos juveniles se han encontrado en el invierno y primavera probablemente en el océano Atlántico.

La Carabela Portuguesa atrapa sus presas con los tentáculos siendo peces, crustáceos, calamares, y otros organismos del plancton sus presas principales.

Los peces parecen constituir entre el 70 y 90 % de su dieta.

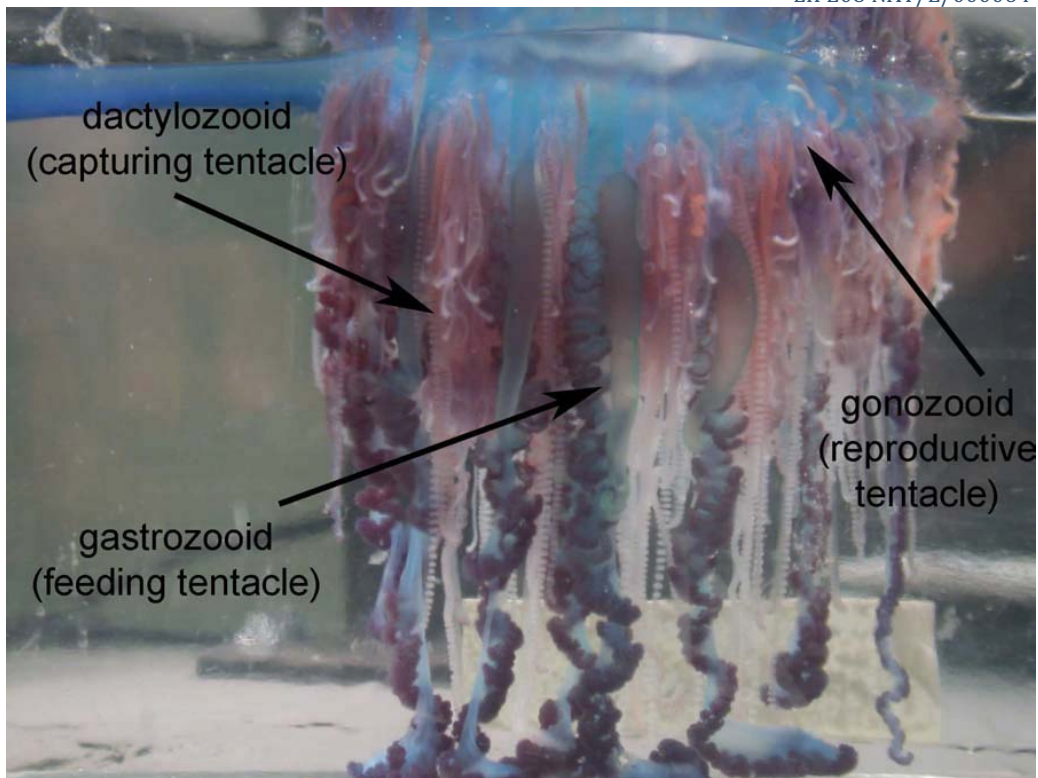


Fig. 14: Diferentes pólipos en la colonia.

Esta especie puede ser encontrada en el Océano Atlántico, Océano Pacífico, Océano Índico, Mar Caribe, Mar de los Sargazos; siendo en estos mares una especie nativa. En el Mar Mediterráneo constituye una especie alóctona que ingresa al mismo arrastrada por las corrientes marinas, la reproducción parece no tener lugar en estas aguas.

#### 4.3 *Mnemiopsis leidyi*

##### Primer registro del Ctenóforo *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz 1865 en las costas del Mediterráneo Nor-Occidental

Durante los meses de Julio y Septiembre de 2009 el Ctenóforo *Mnemiopsis leidyi* fue observado por primera vez a lo largo de toda la costa Catalana e incluso en Dénia (Alicante).



Esta especie constituye uno de los ejemplos más conocidos de la introducción de organismos del plancton gelatinoso en ambientes marinos que son su área de origen y que luego pueden tener importantes consecuencias en los ambientes donde han sido introducidos.

Se trata de una especie de unos 10 cm, muy voraz y que se alimenta de copépodos y de los huevos y larvas de especies que flotan en la superficie del mar en el plancton, como moluscos, crustáceos y peces. Su reproducción es muy rápida, pudiendo poner cada individuo (son hermafroditas) de 3.000 a 7.000 huevos diarios. Cada espécimen es capaz de reproducirse a los 13 días de vida.



Originaria de las costas atlánticas de América (Caribe y costas atlánticas estadounidenses) fue introducida en el Mar Negro donde, junto con la contaminación, contribuyó al colapso de numerosas pesquerías (muchas especies, como la dorada o el merlán, disminuyeron un 85%), y posteriormente en el mar de Azov, mar de Mármara, Mar Caspio y actualmente al Mar Mediterráneo.

Las consecuencias de la introducción de la especie en un determinado ecosistema se han de evaluar en los años siguientes al de la introducción de la misma. En el Mar Negro el mayor impacto lo fue sobre la fauna peces ya que compite con las larvas por el alimento y a su vez este Ctenóforo se alimenta de huevos y larvas de peces. Además del efecto que pueda tener sobre los peces hay que tener en cuenta que esta especie constituye un competidor muy importante para todas las demás especies de organismos gelatinosos, sobre todo medusas. Por lo tanto es de esperar que se produzcan cambios en cuanto a la dominancia de otras especies después de la introducción de *Mnemiopsis leidyi*.

En la siguiente figura se muestran los sitios a la largo de la costa Catalana donde la especie se ha detectado en el verano 2009 gracias a los avisos realizados por los inspectores de la ACA, patrones de las embarcaciones de la ACA y voluntarios. Se han marcado solo los avisos en los cuales hemos podido confirmar la identificación de la especie ya sea a través de fotografías, muestras recolectadas o confirmación visual. También se detallan en la figura avistamientos realizados fuera de Catalunya en otros sitios de la costa Española.

Toda esta información a sido motivo de la preparación y publicación de un trabajo científico que se puede encontrar en los anexos de literatura de este informe.



Durante el año de 2009 esta especie ha sido detectada en otros sitios del Mediterráneo y ha generado también una alerta en cuanto al posible impacto de la introducción de esta especie invasora.

Tanto en Italia como en Israel donde la especie fue vista en numerosas oportunidades durante este año los avistamientos fueron realizados en el marco de programas de monitoreo y observación de organismos gelatinosos (Ver Anexo) inspirados en el programa llevado a cabo entre la ACA y el ICM.

## 5. Causas y consecuencias de las Proliferaciones de Medusas

La temática acerca de las proliferaciones de medusas a despertado el interés científico y de la sociedad en general en los últimos años debido a las numerosas interacciones que se generan entre estos organismos y las sociedades humanas. A su vez, en cuanto a su interés científico, se considera que las proliferaciones podrían ser un indicativo del estado del ambiente marino así como también servir de indicadores de cambios ambientales.

Podría decirse que las proliferaciones afectan las actividades humanas principalmente en los siguientes aspectos:

- Todos los organismos del plancton gelatinoso entre ellos las medusas y los ctenóforos son importantes consumidores de huevos y larvas de peces. Muchos de estos peces poseen importancia comercial. A su vez, tanto los estadios adultos de medusas y ctenóforos como sus larvas consumen zooplancton que es a su vez el alimento de las larvas de todos los peces. De esta forma el plancton gelatinoso interactúa con los peces de diversas maneras, siendo las interacciones ecológicas más





importante la predación y la competencia por el alimento.

- Las grandes acumulaciones de medusas y otros gelatinosos pueden afectar las actividades pesqueras de manera incluso más directa, dañando por ejemplo las redes y otros artes de pesca así como también dañando a los peces que se encuentran en las redes.
- Se han informado de situaciones en los últimos años en las que enjambres de medusas han entrado en granjas de piscifactoría y provocado mortandades masivas de peces.
- Numerosas industrias y plantas desalinizadoras han informado del colapsamiento de sistemas de refrigeración debido a la presencia de medusas en las tuberías.
- Otro aspecto de interés es la influencia de las picaduras de medusas en la salud humana. Diferentes especies poseen diferente grado de impacto, pero en cualquier caso la afectación sobre las actividades recreativas en las zonas de baño es altamente negativa. Es en este aspecto donde la industria turística se ve más afectada.

### **5.1 Causas: Fenómeno Natural**

La acumulación de numerosos ejemplares de medusas sobre todo en zonas costeras ha de estudiarse también en el marco de factores oceanográficos y biológicos característicos de los sistemas marinos, como los son las corrientes, las mareas y los frentes oceánicos. También ha de tenerse en cuenta aspectos de la biología y el comportamiento de las especies. Teniendo en cuenta todos estos aspectos se puede facilitar la interpretación de la presencia de grandes bancos de medusas en determinadas zonas y en determinados momentos del año y no asociarlos continuamente con procesos de cambios climáticos y/o acciones de origen antropogénico.

Las especies de medusas más abundantes en el Mediterráneo occidental, las cuales forman grandes bancos, son en orden descendente: *Pelagia*







LIFE08 NAT/E/000064

*noctiluca*, *Rhizostoma pulmo*, *Chotylorhiza tuberculata*, *Crhysaora hysoscella*.

Sin embargo *Rhizostoma pulmo* parece haber tomado el primer lugar, dependiendo de la zona geográfica, en los últimos años.

Como ejemplo de una especie cuya formación de bancos esta ligada directamente a factores oceanográficos se puede citar a la Antomedusa *Vellela velilla*. Esta especie fue hallada en su mayor y más espectacular proliferación en el año 2000. Cabe destacar que es la fase pólipo colonial lo que se observa en las costas, la fase medusa es muy reducida en tamaño (menos de 1 mm) y solo se detecta en muestras de plancton. A finales del mes de Abril del 2000, fueron observadas en las costas de Tunes y Algeria enormes cantidades de esta especie neustónica, fácilmente identificables por el color azul intenso de sus bordes y su quitinosa vela que las deja a merced del viento. A mediados de Mayo, las aguas costeras y playas de Catalunya e Islas Baleares se tornaron totalmente azules debido a la presencia de *V. velilla* en muy grande cantidades, la misma especie fue detectada en la costa Francesa el mes siguiente. La Costa Brava e Islas Baleares no tenían registro de un fenómeno así desde el siglo pasado. La proliferación de estas medusas puede ser observado desde cualquier lugar a lo largo de la playa y su arribada tiene que ver con un rango de mecanismos físicos y biológicos. La dirección del viento y las corrientes marinas combinados con la topografía de la costa dirigen los enjambres hacia ciertas zonas donde forman conglomeraciones de tamaño y morfología variable. De hecho siguiendo la temporalidad de aparición de la especie en las diferentes zonas geográficas nombradas se puede detallar la dirección y sentido de las corrientes marinas dominante en el Mar Mediterráneo y seguir el destino de una partícula cuando ingresa desde el Atlántico a través del Estrecho de Gibraltar.

Menos conocido es el papel que desempeña el comportamiento de cada especie en la formación de grandes acumulaciones de organismos, aunque, sin embargo, las observaciones in-situ indican concentraciones de organismos en estratos específicos de la columna de agua por debajo de la superficie o en zonas de estuario así como también frentes termo-halinos durante la temporada reproductiva.



## 5.2 Causas Antropogénicas

### 5.2.1 Polución

Numerosos autores han propuesto que la clásica trama trófica pelágica micro-fitoplancton (diatomeas) -> copépodos -> peces, podría ser progresivamente reemplazada por una más larga, compleja y menos eficiente debido a los efectos del incremento en concentraciones de hidrocarburos en todos los mares del mundo. Las bacterias marinas proliferan en zonas con polución por hidrocarburos y algunas especies son usadas como primera fuerza de choque frente a estas mareas negras. Las poblaciones de bacterias son controladas por protistas, especialmente nanoflagelados heterotróficos que luego son las presas de los ciliados, que constituyen el alimento principal de los copépodos. El último eslabón de esta trama trófica es el zooplancton gelatinoso carnívoro (medusas, Sifonóforos, Ctenóforos); un abundante y diverso grupo que compite con el ictioplancton por el micro y mesozooplancton, y en este último grupo los copépodos son siempre el grupo más numeroso.

Esta teoría acerca de los cambios que ocurren en las tramas tróficas debido a las proliferaciones de medusas no ha sido demostrada pero hay por numerosos ejemplos que indican un incremento substancial en la abundancia de Scyfomedusas en áreas afectadas por explotaciones de petróleo.

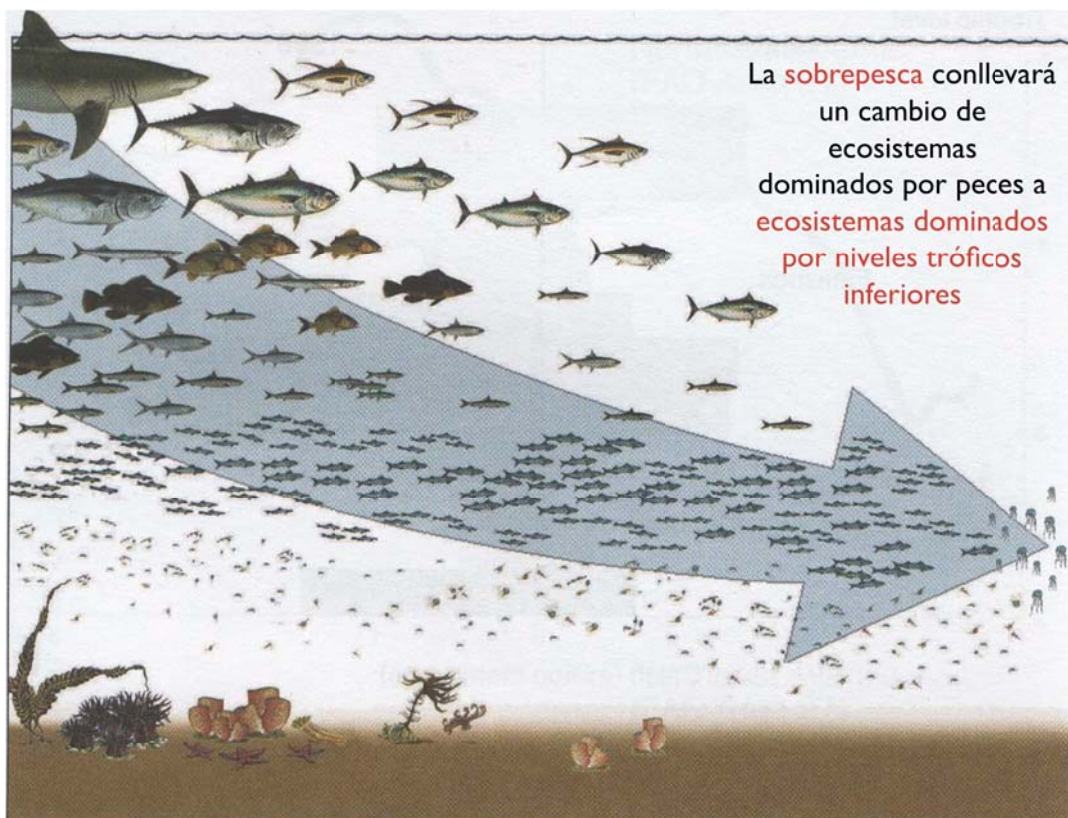
En 1989, un serio accidente ocurrió en Prince William Sound (Alaska) cuando el petrolero Exxon Valdez se estrelló con los arrecifes y derramó miles de toneladas de crudo. El impacto ambiental fue colosal y los efectos siguen aun hoy siendo notables en la región. Prince William Sound alberga grandes proliferaciones de la scyfomedusa *Aurelia labiata*, que muestra grandes variaciones inter-anales en sus tamaños poblacionales.

Para citar otro ejemplo, la zona del Golfo de Méjico constituye un área donde la instalación de numerosas plataformas petroleras han afectado negativamente en la pesca tradicional de camarones. También en la décadas

recientes se ha detectado un incremento significativo en la abundancia de Scyphomedusas en esa zona lo que ha obligado a las autoridades de los Estados Unidos a iniciar un programa de investigación para encontrar las causas de esta situación. Algunos científicos atribuyen estos efectos a los cambios ambientales causados por la extracción de petróleo.

### 5.2.2 Sobrepesca

La sobre-explotación de recursos pesqueros inevitablemente causa una reducción en la biomasa mundial del stock de peces y el colapso de la industria pesquera; una tendencia que puede ser compensada por el incremento de organismos gelatinosos. Las medusas y ctenóforos compiten con los peces por el alimento, principalmente pequeños crustáceos como copépodos, así la sobrepesca provee mayores recursos tróficos a los organismos gelatinosos.





LIFE08 NAT/E/000064

Las medusas son también depredadoras de larvas de peces y algunos resultados que se han obtenido en el Mar Catalán muestran que la captura ronda entre el 1-10% de larvas cuando las poblaciones de los dos organismos se superponen en tiempo y espacio, teniendo un mayor impacto trófico durante la noche, cuando organismos predadores como las medusas extienden sus tentáculos en las aguas superficiales donde las concentraciones de ictioplancton son más altas.

El incremento en la pesca comercial desmedida así como también, el incremento en las poblaciones de medusas pueden causar una reducción en las poblaciones de copépodos herbívoros, que fomentaría un incremento en algas tóxicas dinoflageladas con consecuencias bien conocidas en el sector de cultivos de mejillones (Delta del Ebro).

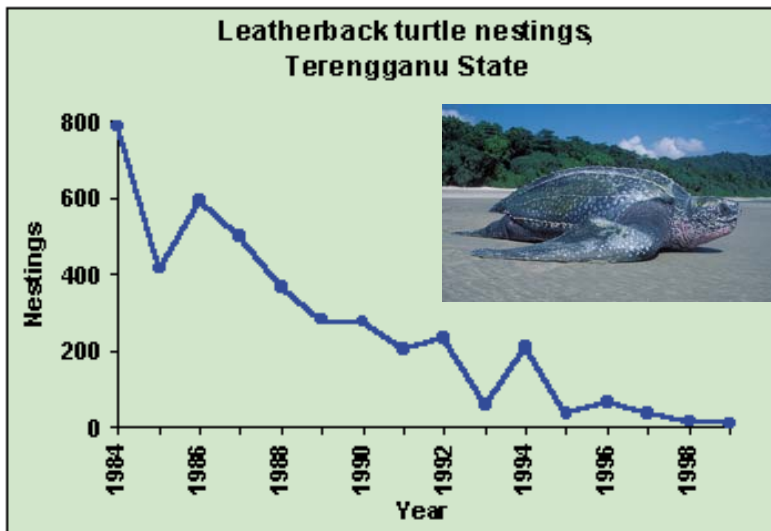
A su vez, la sobrepesca y el uso indiscriminado de artes de pesca como “long-lines”, tiene un efecto negativo en los predadores naturales de las medusas como las tortugas y muchas especies de peces, sobre todo los Túnidos.

El plancton gelatinoso constituye la principal fuente de alimento de las tortugas marinas. El uso de long-lines tiene un gran efecto en estos reptiles ya que muchos individuos mueren por asuelos atravesados en sus gargantas, que pueden ser removidos solamente con cirugía. La mortalidad de tortugas marinas ha incrementado también con el paralelo incremento de basura plástica en los océanos del mundo, ya que las tortugas confunden los plásticos con medusas, las tragan y luego no las pueden digerir, de esta forma los plásticos se acumulan en el estómago de la tortuga hasta que estas mueren de hambre por la obstrucción en sus sistemas digestivos. Además, el incremento del impacto humano en las playas en nuevas zonas turísticas que se generan constantemente y corresponden con sitios donde las Tortugas tradicionalmente dejaban sus huevos, ha causado una disminución en los nacimientos. Como resultado algunas especies están en peligro de extinción.

El plancton gelatinoso tiene una importancia muy grande en la dieta del pez *Mola Mola*, el Caballito mackerel Atlántico, *Tachurus trachurus* y Estromatoideas como *Schedophilus medusophangus*. El número de especies



conocidas por tener una dieta de gelatinosos se ha incrementado con un exacto examen de contenidos estomacales así como también debido a la mejora en las técnicas para detectar e identificar los trozos de organismos gelatinosos a medio digerir que suelen encontrarse en los estómagos.



Ejemplo de la disminución en el número de nidos de tortuga en zonas costeras pobladas

Uno de los más conocidos casos de proliferaciones de medusas causado por sobrepesca es el de la Scyfomedusa *Chrysaora melanaster* en el Mar de Bering. Esta zona constituye un área de pesca muy utilizada por la flota pesquera de Norte América. Tan solo en diez años, entre 1980 y 1990, la biomasa de medusas se ha incrementado diez veces. Esas áreas productivas permiten a las medusas crecer rápidamente y desarrollarse. La intensa y constante actividad pesquera ha causado que las medusas se transformen en un problema para la industria pesquera misma. Estos ejemplos se repiten en todos los océanos del mundo, a pesar de que la información no siempre esta disponible.

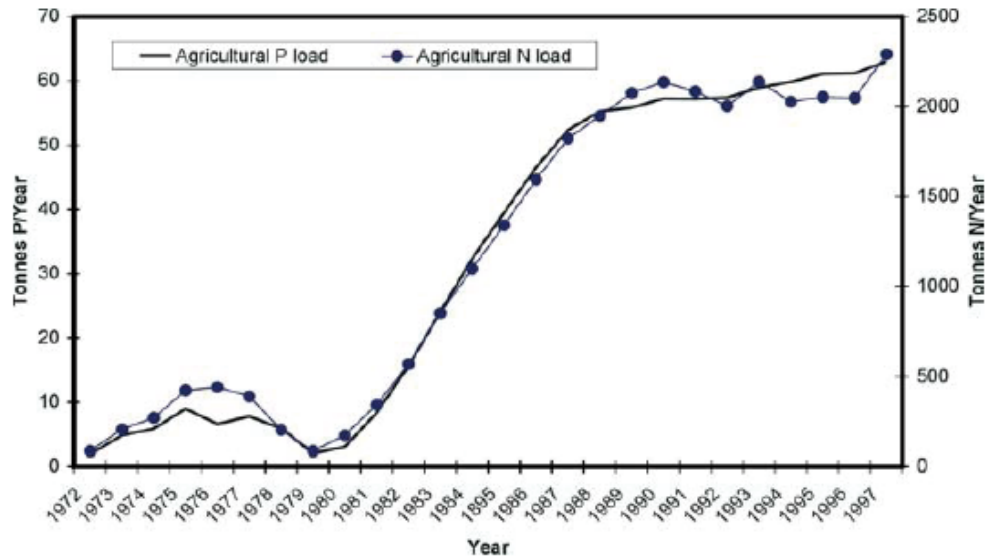




En algunos casos, grandes proliferaciones de algunas especies de medusas como por ejemplo *Stomolophus nomurai* no han podido ser relacionadas una causa obvia. La falta de información, incluso sobre la biología básica de muchas especies, no permite que se encuentren relaciones causa-efecto concluyentes, aún así los efectos de la sobrepesca puede sobre el incremento de los gelatinosos carnívoros es hoy en día indiscutible.

### 5.2.3 Factores Antropogénicos: Eutrofización

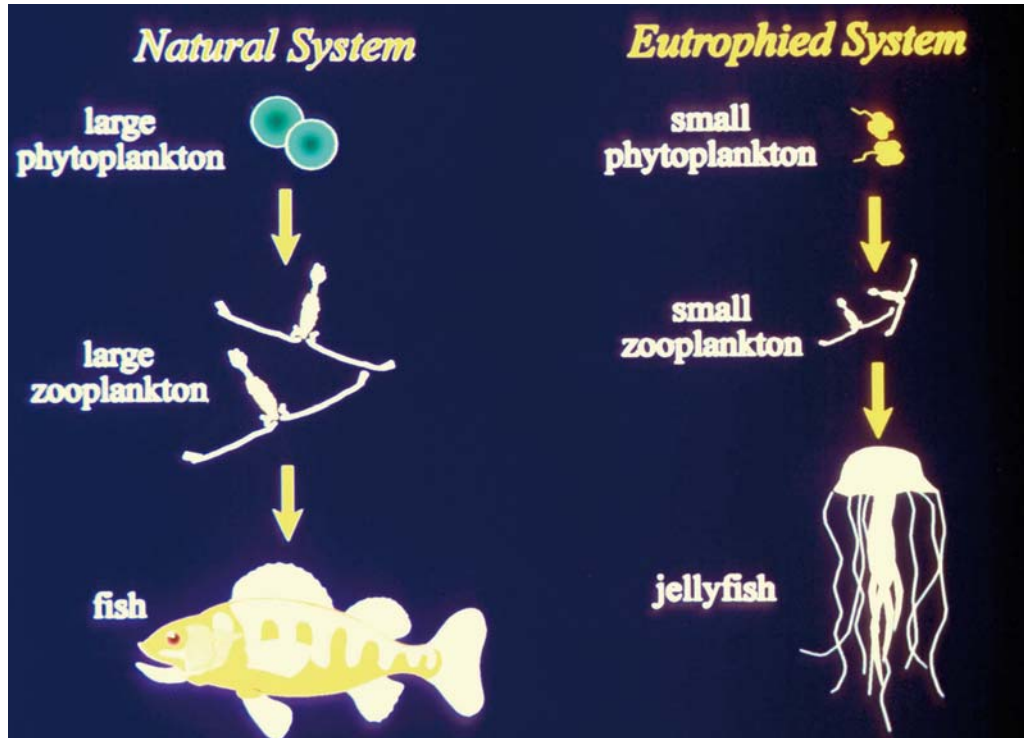
En décadas recientes, el movimiento de los humanos hacia las áreas costeras ha causado un descontrolado crecimiento y conllevado a la eutrofización de las lagunas costeras de diferentes zonas del mundo. En España, el mejor ejemplo se refiere a los cambios en el Mar Menor en Murcia, donde millones de personas se congregan cada verano. El Mar Menor es una laguna de 160 km<sup>2</sup> altamente salina con un promedio de profundidad de 3,5 metros. La laguna ha sufrido el impacto de actividad humana como la polución con relaves, la urbanización de la Manga y el incremento en la descarga de aguas con fertilizantes de los campos de Murcia.



La ampliación del enlace natural entre la laguna y el Mar Mediterráneo para permitir el paso de embarcaciones ha incrementado la entrada de agua del Mediterráneo y reducido la salinidad en un promedio de 52 psu (1970) a 41 psu (1990) y finalmente a 45 psu (1998-1999). En esta zona se encontraba históricamente una población natural de la Scyfo-medusa *Aurelia aurita* la cual no había generado grandes problemas a la población local. A comienzos de los noventa, dos especies alóctona de Scyfo-medusas: *Rhizostoma pulmo* y *Cotylorhiza tuberculata* entraron a la laguna y encontraron un hábitat ideal, el cual rápidamente colonizaron. Ambas especies formaron enormes proliferaciones de miles de individuos que han obligado a las autoridades a tomar medidas (instalación de barreras protectoras en playas y recolección con botes) con un costo anual de alrededor de un millón de euros. Estudios científicos más recientes se han sido dedicados al estudio de esta problemática. La presencia de algas endo-simbióticas fotosintéticas para la especie *Cotylorhiza* que asimila nitrógeno y componentes fosfóricos generados por el uso de fertilizantes en Murcia, puede llegar a explicar la exitosa colonización. Las causa de la abundancia de *Rhizostoma pulmo* siguen sin conocerse, pero posiblemente tenga que ver con la instalación de pólipos de la especie en la laguna.

La siguiente figura representa los cambios que se producen en tramas tróficas de ambientes eutrofizados donde las medusas pueden llegar a

reemplazar a los peces debidos a los cambios que ocurren en niveles tróficos inferiores:



#### 5.2.4 Especies Autóctonas y Alóctonas

La gran mayoría de las proliferaciones de medusas se producen con especies autóctonas de las aguas de una determinada región. Especies nativas son las que forman generalmente largas y persistentes proliferaciones debido a la reducción de los depredadores y a cambios en ciertos factores ambientales que regulan su crecimiento. Sin embargo, existen otro tipo de proliferaciones que se deben a la invasión de especies no autóctonas, las cuales encuentran condiciones ideales para su desarrollo y crecimiento en el nuevo hábitat.

Cabe destacar la existencia de casos en los cuales, de manera contraria a todo lo mencionado anteriormente, una población de medusas de una especie determinada decae debido a la degradación del hábitat natural.

Los Canales de Suez y Panamá fueron creados para reducir los costos del transporte marítimo entre mares y océanos sin evaluar las consecuencias en





lo que respecta a fauna indígena y la introducción de especies no indígenas. Estos dos proyectos de ingeniería han tenido un impacto ambiental gigantesco. En el caso del canal de Suez se siguen detectando lo que se conoce como especies lesepianas, las cuales ingresaron al Mar Mediterráneo desde el Mar Rojo. Hay numerosas especies lesepianas, que en algunos casos se han convertido en un recurso de pesca pero que en otros se ha convertido en una gran problemática, especialmente la Syfomedusa *Rhopilema nomadica* (Spanier y Galil, 1991). Esta especie se ha extendido progresivamente a lo largo de las costas de Egipto, Israel, Lybia y Turquía formando cinturones kilométricos que penetran 3 – 4 millas hacia la costa. La picadura de esta medusa es muy dolorosa y ha creado problemas de salud que han llevado a la existencia de investigaciones en busca de un antídoto, que al parecer han logrado con éxito en Israel.

El caso de invasión más reciente es la del Ctenóforo *Mnemiopsis leidyi*. Esta especie a ingresado a la cuenca mediterránea y aparentemente instalado en la zona de Israel, en la costa Española se detectó su presencia en el 2009 y en el verano del 2010 se ha visto la especie instalada en diversas zonas. El impacto de esta especie en estas zonas recientemente invadidas es aún muy difícil de cuantificar, pero si tenemos en cuenta el caso de la invasión de esta especie en el Mar Negro se puede esperar un impacto importante en las pesquerías de especies como por ejemplo la anchoa.

Se citan a continuación algunos ejemplos de especies de medusas y otros gelatinosos que se han detectado en los últimos años invadiendo zonas donde no son autóctonas:

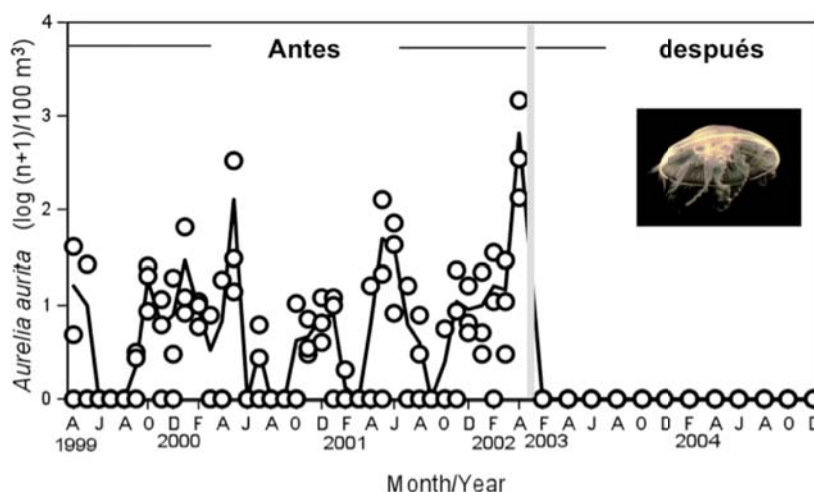
- *Craspidacusta sowerbii* : medusa de agua dulce actualmente hallada en todo el mundo con excepción del continente Antártico
- *Moerisia lyonsi*, *Blackfordia virginica*, *Maeotias inexpectata* – invasoras en estuarios de EEUU.
- *Cordylophora caspia* – invasoras en grande lagos de EEUU.
- *Aurelia aurita* – introducida en todo el mundo
- *Rhopilema nomadica* – introducida e invasora del Mar Mediterráneo

- 
- *Phyllorhiza punctata* – Invasora en el océano Pacífico, Atlántico, Golfo de México, Mar Caribe y Mediterráneo.
- *Cassiopea andromeda* – invasora hallada en Hawaii y Mar Mediterráneo
- *Drymonema dalmatinum* – invasora en el Golfo de México
- *Mnemiopsis leidyi* & *Beroe ovata*– introducidos al Mar Negro, expandiendo su distribución al Mar de Azov, Mediterráneo, Caspio y Báltico.

### 5.2.5 Sustratos artificiales para pólipos

Uno de los factores que se están analizando en la actualidad para entender la dinámica de las poblaciones de medusas costeras, es la disponibilidad de sustrato para su fase pólipo que existe en numerosas zonas de las costas de todo el mundo. Se han encontrado en Japón interesantes correlaciones entre el incremento en los cultivos artificiales de moluscos y las proliferaciones de alguna medusas.

En la siguiente figura se puede ver la abundancia de *Aurelia aurita* antes y después de retirar un cultivo de ostras abandonado en Japón. Los pólipos de esta especie fueron encontrados en las conchas de los moluscos y en las



cuerdas y maderas utilizadas para la construcción de los cultivos artificiales.



No son los cultivos de moluscos los que pueden servir de sustratos para pólipos de medusas sino también las marinas de los puertos, los rompeolas que se construyen constantemente en las playas, los sólidos flotantes, las plataformas petroleras y los arrecifes artificiales entre otros.

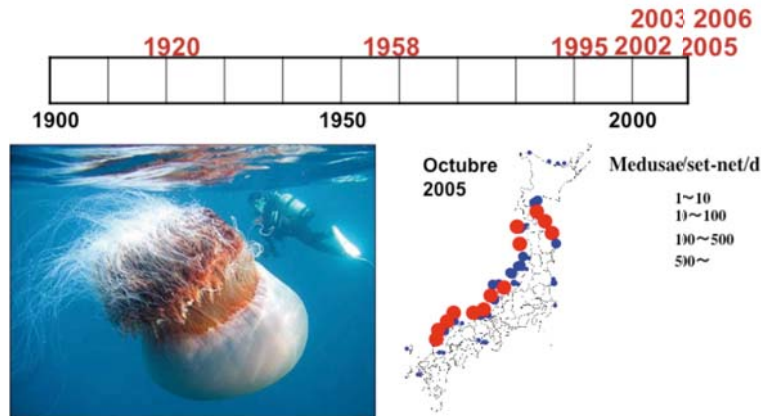
## **5.2 Causas: Cambio Climático**

Los efectos que el tan estudiado cambio climático que se está manifestando en estos momentos puede tener sobre las proliferaciones de medusas se puede relacionar con tres aspectos:

- 1) las correlaciones que se han encontrado entre aumentos en las poblaciones de algunas especies de medusas y el aumento de temperatura de registrados en algunos mares. Oscilaciones climáticas como El Niño también se han relacionado con las proliferaciones de medusas.
- 2) El efecto directo que el aumento de temperatura pueda tener sobre las tasas de reproducción de la fase planctónica y la fase pólipo de las medusas.
- 3) Cambios en la productividad de los océanos como consecuencia del cambio climático que derivan luego en aumentos en poblaciones de medusas.

Uno de los ejemplos mejor conocido es el de la medusa gigante de Japón:

**Japón: Años con proliferaciones de la medusa gigante,  
*Nemopilema nomurai***



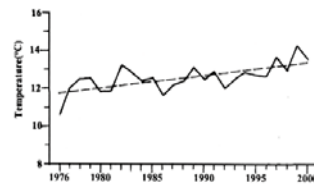
En los últimos años la frecuencia de las proliferaciones a aumentado siendo estas medusas muy abundantes

prácticamente todos los años. Entre las posibles causas se propone el aumento de temperatura

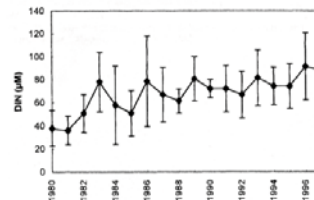
detectado en las zonas donde la especie se reproduce, lo cual favorecería la reproducción asexual de la fase pólipo y a su vez la mayor producción de larvas de medusas, así como también el aumento de nutrientes registrado en la zonas costeras debido a la actividad antrópica, lo cual proporciona mayor cantidad de alimento a las medusas adultas y a sus larvas.

**Posibles causas para el incremento en la frecuencia de las proliferaciones de *Nemopilema nomurai***

1) Aumento de temperatura → aumenta la reproducción asexual de los pólipos y la producción de medusas



2) Incremento de nutrientes → aumenta el alimento de las medusas: el zooplancton



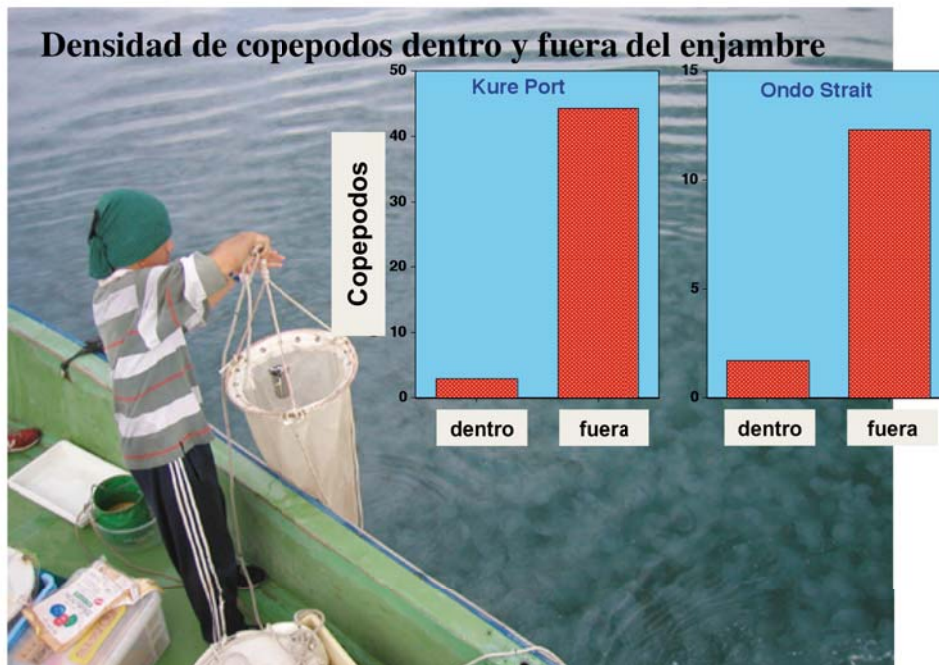


## 5. Consecuencias de las proliferaciones de medusas: impacto ecológico

### 5.1 Negativas

Cuando en un área determinada se dan concentraciones de medusas que superan los parámetros normales, el nivel de consumo de plancton por parte de estos animales puede superar a la cantidad de alimento disponible. Consumiendo de esta forma prácticamente el 100% del plancton disponible, lo cual altera el resto de la trama trófica. Los más perjudicados son los peces planctívoros y las larvas de peces en general.

### Un ejambre de medusas puede consumir el 100% del zooplancton



A su vez las medusas han mostrado tener altas tasas de consumo de larvas de peces, estas últimas poseen un valor alimenticio superior para las medusas y se cree que si medusas y larvas de peces coinciden en el tiempo y el espacio, las larvas de peces sufrirán una presión de pastoreo muy grande, el cual puede hasta influir en el reclutamiento de la especie.

### 5.1 Positivas

El aspecto más positivo de la presencia de numerosas medusas en un ambiente determinado se relaciona con las relaciones tróficas que allí se

producen. Por un lado las muchas especies de medusas o ctenoforos se alimentan de organismos gelatinosos por lo cual representan un instrumento importante en la regulación de las densidades de las especie presa. De esta forma pueden disminuir el impacto de una porliferación de una especie determinada.

Muchas especies de medusas constituyen refugio para larvas de varias especies de peces, este es un aspecto positivo que se encuentra en estudio en la actualidad.

Además las medusas representan un importante alimento para numerosas especies de peces y tortugas marinas. Además de alimento de otros invertebrados marinos.

## 6. Consecuencias de las proliferaciones de medusas: impacto socio-económico

### 6.1 Negativas

Los aspectos negativos o considerados negativos por la sociedad humana, de las proliferaciones de medusas tienen que ver sobre todo con los siguiente grandes temas:

- La interferencia que grandes números de medusas tienen con las actividades pesqueras en diversos aspectos: el bloqueo y destrucción de redes de pesca, la pérdida de la captura y/o la reducción de las capturas en zonas donde se encuentra mucho plancton gelatinoso
- Los problemas observados en granjas de cultivos de peces donde las medusas deterioran y/o producen la mortalidad de grandes cantidades de peces.
- El bloqueamiento de las entradas de agua de fábricas y/o plantas desalinizadoras.





- Las interacciones con los bañistas lo cual afecta negativamente la industria turística.

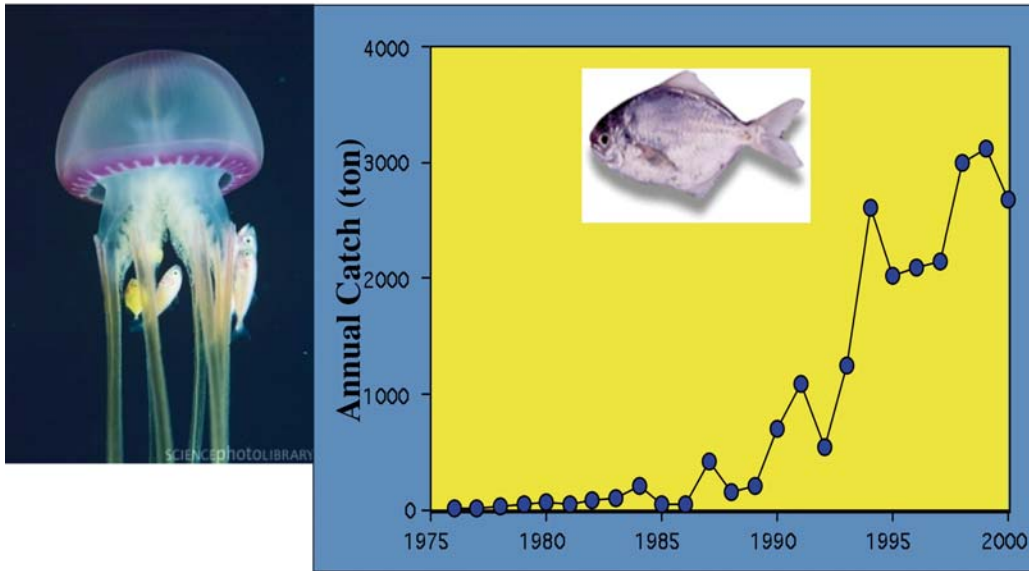
### 6.1 Positivas

Es necesario tener en cuenta también aspectos de las medusas y sus explosiones poblacionales que pueden representar aspectos positivos y disminuir así su impacto social. En este sentido se puede destacar lo siguiente:

- En varios sitios del mundo, sobre todo en Asia las medusas se utilizan ampliamente como alimento. En muchas otras zonas del mundo sus propiedades en este sentido han comenzado a explorarse. Las posibilidades de la utilización de medusas en cultivos de peces también se está analizando.



- Algunas proteínas encontradas en los tejidos de medusas están siendo utilizados como herramientas para la investigación molecular y biomédica.
- Representan animales muy vistosos e interesantes para ser exhibidos en acuarios con fines recreativos y educativos.
- Las medusas son refugio de larvas de peces como ya se mencionó. Hay datos que muestran aumentos en las capturas de ciertas especies de peces comerciales en relación con los aumentos de medusas. Estas relaciones se están estudiando para numerosas especies de peces comerciales.







## EVALUACIÓN PROLIFERACIONES DE MEDUSAS

### INTRODUCCIÓN

Las proliferaciones y agregaciones masivas de medusas han aumentado substancialmente durante el último decenio en todos los mares y océanos del planeta a tenor del creciente número de estudios e informes elaborados sobre este fenómeno y del constante incremento de observaciones estivales registradas en aguas costeras (Pagès, 2003). Esta tendencia ha aumentado durante los últimos años pues la presencia de *Pelagia noctiluca* ha sido constante en aguas de Baleares y arribadas de esta especie a las costas Españolas es un fenómeno cada vez más común.



Fig. 1. Agregación de *Pelagia noctiluca* en aguas de Ibiza, diciembre de 2006. Foto realizada por Giampiero Manzini.

En el Mediterráneo occidental se ha identificado que las especies que forman agrupaciones masivas son principalmente las escifomedusas *Pelagia noctiluca*, *Rhizostoma pulmo* y *Cotylorhiza tuberculata*. Sin embargo existen otras poblaciones, generalmente de hidromedusas de menor tamaño (0.5-3 cm de diámetro) como *Velella velella*, que también pueden desarrollar crecimientos exponenciales que algunos años llegan a formar escuadras de cientos de kilómetros cuadrados de extensión.



Fig. 2. Agregación de *Pelagia noctiluca* en aguas de Ibiza. Foto realizada por David Díaz.

Para establecer las causas que inician los crecimientos masivos de algunas poblaciones planctónicas gelatinosas y favorecen su expansión geográfica, es esencial conocer la biología de las especies implicadas, pues se sospecha que las claves para identificar los mecanismos que originan las proliferaciones de medusas recaen en factores ambientales que inciden en los estadios iniciales del ciclo biológico de cada especie y promueven un rápido crecimiento individual y poblacional. Es importante resaltar que cada una de las especies mencionada anteriormente, desarrolla un ciclo vital, una distribución espacio-temporal y una trofodinámica diferente. *Pelagia* es oceánica, carnívora y su desarrollo es directo. *Rhizostoma* y *Cotylorhiza* son neríticas y ambas pasan por una fase de pólipo bentónico, pero la segunda es mixotrófica. *Velella* es neustónica (vive en la interfase hidrosfera-atmósfera), y la fase pólipo (carnívoro) prolifera conspicuamente (Fig. 3) mientras que la medusa (mixotrófica) fácilmente escapa a su detección pues es microscópica.

A su vez, es importante conocer la dinámica de las poblaciones en aguas abiertas y conocer sus variaciones estacionales e interanuales. Para poder estudiar las áreas de mar abierto son necesarios buques oceanográficos o embarcaciones que puedan cubrir estas grandes extensiones, lo que provoca que para poder realizar estos muestreos sean necesarias grandes inversiones de dinero, que en la gran mayoría de las ocasiones superan los presupuesto destinados para planes de investigación de este tipo. Sin embargo, en otras parte del mundo, como por ejemplo en Irlanda, han conseguido solventar este problema aprovechando una infraestructura que ya existe y que funciona de manera regular, como son las rutas comerciales en ferry. Esta experiencia previa, que ha sido exitosa, ha motivado la propuesta de este proyecto de colaboración puesto que en el área de interés ya existe una

infraestructura similar que permitiría poder evaluar de manera regular, reproducible y continua la presencia de medusas y su abundancia en aguas abiertas.

El **objetivo** del proyecto en este sentido es poder estimar, de manera empírica, la presencia y abundancia de la especie *Pelagia noctiluca* en las aguas oceánicas entre las Islas Baleares y la península Ibérica, así como **también** la distribución desde costa a mar abierto de las demás especies de medusas. Esta amplia área de investigación se justifica por la naturaleza oceánica de la especie principal y a que son muy probablemente los fenómenos hidrográficos a mesoscala que suceden en mar abierto los responsables del inicio de la proliferación de poblaciones, de su expansión geográfica, de la formación de los enjambres, y de su posterior presencia en aguas costeras, el límite de su distribución.

A su vez estos transectos de trabajo se pueden aprovechar para realizar avistamientos de otros componentes biológicos así como también cuantificar por primera vez de forma real las cantidades y tipología de los sólidos flotantes.

En este sentido las guías de identificación utilizadas constan de los siguientes componentes:

- medusas
- mamíferos marinos, principalmente cetáceos
- peces que se pueden observar en la superficie del mar
- tortugas marinas
- sólidos flotantes clasificados en diversas categorías
- manchas de contaminantes, como por ejemplo hidrocarburos

## **TÉCNICA DE MUESTREO**

Los avistamientos se realizarán desde un lugar exterior del barco, preferiblemente en un lugar alto, desde donde pueda verse la superficie del mar. Los ejemplares de medusas y demás organismos de interés, así como también los sólidos flotantes, serán identificados y se contarán los organismos que hayan en intervalos de 5 minutos. De igual manera se anotará cuando no se observen animales. Los períodos de observación serán de 15 minutos con pausas de 5 minutos. Después de tres períodos de muestreo se descansará durante 20 minutos y después de pasadas 4 horas de observación se cambiará el avistador para que pueda descansar. Cada 15 minutos se anotará la posición, hora, estado de la mar (Beaufort scale) y luz, además de datos como profundidad y temperatura del agua.

En los estadillos de trabajo se detalla toda la información a apuntar conjuntamente con los avistamientos.

Estos trayectos serán realizados a lo largo de todo al año para conocer también las variaciones estacionales en las densidades de animales observados.





NAT/E/000064



## MATERIAL PARA EL PROYECTO

El material que será entregado a los alumnos en relación a los avistamientos de animales marinos y sólidos flotantes será el siguiente:

- 1) Carpeta que contendrá información introductoria sobre el problema ambiental en los mares y en especial en el mar Mediterráneo.
- 2) Carpeta guía donde se encuentran las guías de identificación de mamíferos, aves, peces y Tortugas.
- 3) Estadillos para rellenar con los avistamientos realizados, en este caso además de los animales se agrega el estadillo para rellenar sobre las observaciones de basura.
- 4) Este material se apoyará con literatura y material audiovisual en diversos formatos que se entregará en un DVD.