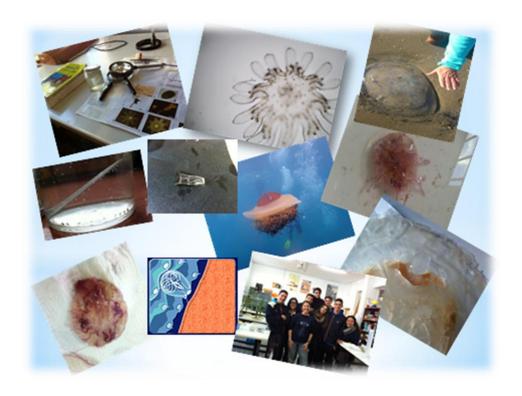


# "REBELION EN EL MAR": EL NUEVO PROTAGONISMO BIOLÓGICO DE LAS MEDUSAS

IX JORNADAS DE CIENCIA EN LA CALLE DE ALGECIRAS 2015



#### **Autores:**

Beatriz Escobar, Irene Tirado, Paola Cuellar, Mario Mena, Quique Laza, Víctor Hernández, Daniel Jaén González, Eduardo Conde y Pedro Martínez, Alumnos de 1º de Bachillerato.

Coordina: Ana Villaescusa Lamet. Profesora de Biología y Ciencias para el Mundo Contemporáneo del Colegio María Auxiliadora.



#### Financiado por:























#### Colaboran:







#### Asesoran:

Instituto de Ciencias Marinas de Andalucia (ICMAN).CSIC.

Instituto de Ciencias del Mar. CSIC. Barcelona.

Instituto de Investigaciones Marinas .Universidad de Vigo.

Jellyfish Research South Spain.

Centro de gestión medio ambiental.(CEGMA)

Club de buceo CIES Algeciras.

Parque de las Ciencias de Granada.



#### **INDICE:**

Resumen del trabajo. (Abstract)

#### **Objetivos**

#### Distribución de contenidos:

#### Capitulo 1. Cnidarios

- 1.1 Generalidades y clasificación.
- 1.2 Escifozoos. Morfología, ciclos biológicos y ecología
- 1.3 Fichas identificativas de tres de los Escifozoos mas frecuentes en el Mediterráneo.
- 1.4 Seguimiento en laboratorio del ciclo biológico de *Cotylorhiza tuberculata* "medusa huevo frito". Montaje de un acuario para observación de medusas.
- 1.5 Fabricación de modelos de *Pelagia noctiluca, Cotylorhiza tuberculata y Rhizostoma pulmo*
- 1.6 Jugando con las medusas: Fichas para colorear, juegos de mesas etc

#### Capitulo 2. Toxinas en Escifozoos.

- 2.1 Funcionamiento y estructura de los cnidocitos Tipos de toxinas y estructura química de las mismas. Acción en el organismo. Datos estadísticos de las playas de Algeciras.
- 2.2 Mecanismo de acción de la respuesta inflamatoria.
- 2.3 Utilización de las medusas en medicina, alimentación, cosmética, abono y biotecnología(fluorescencia).
- 2.4 Modelos moleculares de los principales venenos

#### Capítulo 3. Medusas y cambio climático

- 3.1 ¿Que es el cambio climático?
- 3.2 Proliferación de medusas, blooms y outbreaks: Factores que influyen. Cambio climático, ¿relación causa efecto?



- 3.3 Datos de proliferación de medusas en Andalucía.
- 3.4 Seguimiento de varamientos en las playas de Algeciras de octubre a Marzo. Control de las condiciones climáticas en estos meses(temperatura, dirección y velocidad del viento.)
- Capitulo 4. Otros representantes del plancton gelatinoso: Sionóforos.
- Capítulo 5 Resultados y conclusiones
- Capitulo 6. Webgrafía y Bibliografía
- Capítulo 7. Agradecimientos
- Anexo :Dosier de prensa



#### Rebelión en el mar.





#### Resumen.

La afluencia continua de medusas a nuestras playas, sobre todo en los últimos veranos, nos ha hecho plantearnos esta investigación. En primer lugar , nos hemos marcado el objetivo de realizar un seguimiento diario de los posibles varamientos que puedan existir entre los meses de octubre a marzo en las playas de Algeciras tomando a la vez datos de temperatura del aire, fuerza del viento y dirección del mismo. Además de lo que sería el trabajo de campo, investigaremos las características morfológicas de los escifozoos y su ciclo biológico, a través del seguimiento de pólipos de Cotilorhyza tuberculata,"medusa huevo frito", proporcionados por la Dra Laura Prieto del ICMAN(Instituto de Ciencias Marinas de Andalucia), donde se viene estudiando desde hace cuatro años esta medusa. También analizaremos la morfología y ubicación de los cnidocitos en Pelagia noctiluca, la forma de producción e inoculación de venenos, y la naturaleza química de los mismos, la respuesta del organismo ante estos venenos, los factores que influyen en los blooms de medusas y la relación que puedan tener, con el cambio climático y otros factores. Dedicaremos un capítulo de nuestro trabajo a las posibilidades que estos animales tienen en campos como la alimentación, la cosmética, la medicina o la biotecnología. Y por último, dedicaremos otra parte de la investigación a otros representantes del plancton gelatinoso que hemos podido observar en nuestras playas, los Sifonóforos, en concreto la especie Abylopsis tetragona que hemos estudiado bajo el asesoramiento la estudiante de doctorado Elena Guerrero del Instituto de Ciencias del Mar de Barcelona. También hemos contado para nuestro trabajo con la ayuda de Karen Keinberger estudiante de Doctorado del Instituto de Ciencias Marinas de Andalucia y responsable del proyecto Jellyfish Research South Spain.

#### **Abstract**

The main reason to set up this project is due to the high influx of jellyfish on our beaches, specially over the past few summers. Firstly, we will carry out a daily monitoring of the possible stranded jellyfish which happens between the months of October and March on the beaches of Algeciras. We will also analyse the data regarding air temperature, wind force and wind direction. As well as the field research, we will investigate the morphological characteristics of the scyphozoan and their biological cycle, analysing the polyps of *Cotillorhyza tuberculata* provided by ICMAN (Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía-Andalusian Marine Biology Institute). This organisation has been studying this type of jellyfish for four years. Moreover, we will study how jellyfish produce and inject their venom and its chemical components as well as how our organism responds to those venoms. We will look into the factors which affect blooms of jellyfish and the how this may be related to the climate change.

#### Rebelión en el mar.





Additionally, part of our study will investigate the possible use of these animals in food, cosmetics and biotechnology. Finally, we will examine other forms of gelatinous plankton that may be found on our beaches.

#### **Objetivos**

- Profundizar sobre la aparente proliferación de medusas en el Mediterráneo.(Blooms y outbreaks)
- Conocer los factores que se relacionan con el aumento de medusas y profundizar sobre ellos.
- Estudiar tres de las especies más comunes en nuestras costas: *Pelagia noctiluca*, *Cotylorhiza tuberculata y Rizhostoma pulmo* .Sus características morfológicas, sus ciclos biológicos, sus venenos...
- Profundizar en la estructura química de dichos venenos y el por qué de su acción perjudicial en el ser humano. Comparar con otros venenos o moléculas similares.
- Conocer el posible uso de las medusas en cosmética, alimentación, medicina o biotecnología.
- Investigar sobre otros componentes del plancton gelatinoso.
- Trabajar en equipo siguiendo las pautas del método científico.



#### - 1 Cnidarios

#### 1.1 Generalidades y clasificación

### Animales dentro del filum Cnidaria

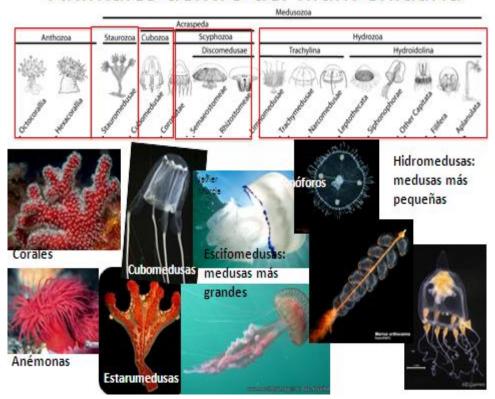


Imagen por cortesía de Elena Guerero PhD Instituto de Ciencias Marinas Barcelona

Son un grupo de aproximadamente 10.000 animales muy simples que viven exclusivamente en medio acuático. Sus características generales son:

- Son los animales más simples, que presentan células nerviosas y órganos de los sentidos.
- La percepción del medio en los cnidarios se realiza a través de células sensoriales repartidas por la superficie del cuerpo y que pueden detectar el movimiento, sustancias químicas o la luz.
- Son animales que tienen unos 600 millones de años ,entre los cuales se encuentran las medusas y los corales
- Incluye una serie de animales que se caracterizan por:

#### Rebelión en el mar.

2015



\*posesión de cnidoblastos

\*son todos acuáticos, la mayoría marinos, aunque hay especies de agua dulce

- La simetría básica es de tipo "radial". El cuerpo de un Cnidario puede girar alrededor de un eje oral-aboral. En algunos grupos existe indicio de simetría bilateral, como es el caso de los antozoos.
- Dentro del filum se observan dos fases diferentes en su ciclo de vida, el **pólipo** y la **medusa**. El pólipo es de vida sésil y de forma cilíndrica con la boca y los tentáculos dirigidos hacia arriba. Generalmente, se reproducen asexualmente por gemación. La medusa, de vida libre, tiene forma de campana o sombrilla con el lado convexo hacia arriba y los tentáculos cuelgan del margen de la misma. A diferencia de los pólipos, su reproducción es sexual.
- Son animales diblásticos, es decir, son animales que terminan su desarrollo embrionario en la fase de gástrula. Tienen en común la organización general del cuerpo: la pared corporal está formada por tres capas que de fuera hacia dentro son:el **ectodermo**, la **mesoglea** y el **endodermo**. En el interior se encuentra una cavidad gástrica central con una sola abertura que hace la función de boca y ano y que se encuentra rodeada de una serie de tentáculos en los cuales se localizan generalmente los cnidoblastos.
- Presentan ciclos biológicos en los que pueden existir un cierto polimorfismo. Se pueden diferenciar los siguientes tipos de ciclos:

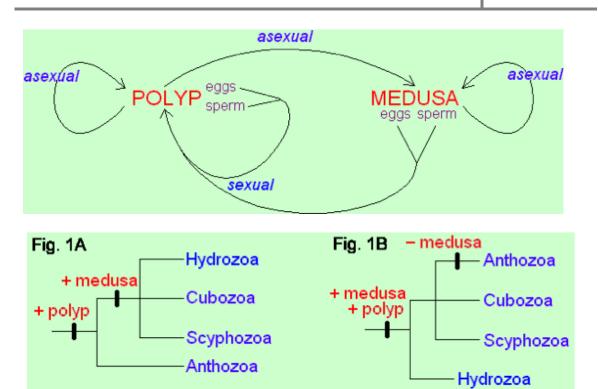
**Ciclo Metagénico**: Es el ciclo típico es el que alternan (ciclo alternante) Pólipos Asexuados que no tienen gónadas, y que van a originar medusas Sexuadas que son las encargadas de la reproducción sexual, 3 + 2 = 2igoto => Pólipo Asexuado. Este ciclo se da en muchos Hidrozoos y en Escifozoos

#### Ciclo Hipogenético pueden diferenciarse dos tipos a su vez

- A) Con reducción fase medusa se da en Antozoos.
- B) Con reducción fase pólipo se da en Traquilinos.

Las anémonas, medusas e hidrozoos forman el phylum *Cnidaria*. Según la fase del ciclo predominante se conocen cuatro tipos de cnidarios:





#### **Hidrozoos**

Son animales en los que a lo largo de su ciclo vital alternan fase pólipo y medusa. El pólipo tiene una boca simple y una cavidad gástrica que no está dividida en varios compartimentos.(más información sobre este grupo en el capítulo 4)



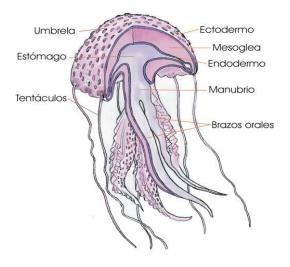
Anthias antias o "pez tres colas" entre colonias de hidrozoos. Isla de Tarifa

Foto cortesía de JC Serrano del Club de buceo CIES Algeciras



#### **Escifozoos**

En este tipo predomina la fase medusa a la de pólipo. Son las grandes medusas.



Morfologia básica de una escifomedusa.

Fuente imagen: http://www.juntadeandalucia.es/salud/ZHD/medusas/index.html

En la Clase Escifozoa la fase predominante y más conocida la de es (escifomedusa), que suele ser de mayor tamaño y distinta forma que las de hidrozoos o cubozoos. En general presenta un aspecto de campana o sombrilla, cuya parte superior está formada por un disco más o menos abombado, la **umbrela**, de borde lobulado o festoneado y que soporta un número variable de tentáculos. En el centro de su cara cóncava se encuentra la boca, rodeada por los brazos orales, a modo de gruesos tentáculos, que forman una especie de tubo más o menos abierto, el manubrio. En los tentáculos y brazos orales es donde se localizan la mayoría de las células urticantes.



Pelagia Noctiluca. Isla de Tarifa. Foto por cortesía del Club de buceo CIES Algeciras.





Aurelia aurita. Museo Oceanografico de Valencia. Fotografia Nicolas Barroso

Las escifomedusas son en su mayoría pelágicos nadadores de mar abierto que se acercan a las costas en determinadas épocas del año arrastradas por las corrientes marinas o para realizar parte de su ciclo vital. Aunque su capacidad efectuar grandes desplazamientos de forma voluntaria es limitada, musculatura umbrelar les permite impulsarse vertical y horizontalmente en el agua. Forman parte del llamado plancton gelatinoso.

Se alimentan de pequeños animales (peces u otros invertebrados, incluidas otras medusas) que previamente inmovilizan gracias a la inyección de las toxinas contenidas en sus cnidocitos y posteriormente capturan con sus tentáculos y brazos orales. (Funcionamiento y morfología de los cnidocitos en el Capítulo 2)

#### Antozoos

Son anemonas y corales. Carecen de fase medusa, apareciendo siempre con forma de pólipo. Tienen una prolongación de la boca dentro del cuerpo, una faringe con forma de tubo que llega hasta la cavidad gástrica que está dividida en numerosos compartimentos. Pueden ser solitarios como las anémonas de mar, o coloniales como los corales. Tienen sexos separados, o son hermafroditas. Su esqueleto, en el caso en el que exista, puede ser de dos tipos: - Externo Calcáreo. - Interno de mesoglea de construcción calcárea o cornea.



Gorgonia. Isla de Tarifa. Foto cortesía de JC Serrano López del Club de Buceo



Dendrophilia ramea. Isla de Tarifa. Foto cortesía de JC Serrano del Club de buceo CIES

#### Rebelión en el mar.



#### **Cubozoos:**

A este grupo pertnecen algunas de las medusas mas peligrosas que existen por la capacidad cardiotóxica de su veneno.Entre su características estan:

Poseer 4 ojos ya que son la única clase de medusas que los poseen, gracias a ellos pueden diferenciar entre oscuridad y luz ,y les ayuda a encontrar presas o huir de los depredadores.

Su peligrosos veneno es cardiotóxico, es decir, este veneno va directo al corazón y tarda muy poco tiempo en hacer efecto y mata en cuestión de minutos también provoca choques por lo que es difícil salir del agua una vez te pica, su picadura no se nota cuando te pica no te das cuenta

- -Tienen una forma cúbica
- -Poseen unos cnidocitos muy potentes
- -Son muy pequeñas algunas del tamaño de la cabeza de una cerilla
- -Existen unos 36 especies diferentes por ahora que se distribuyen en las aguas cálidas de los océanos.
- -Debido a su forma estas medusa pueden moverse con más velocidad, con un mayor control de sus movimientos.
- -Poseen un sistema nervioso mas sofisticado que las demás medusas y con una base nerviosa que coordina sus movimientos. Suponen un problema ya que son unas de las medusas más peligrosas debido a la potencia de su veneno y sobre todo a su tamaño ya que son difíciles de ver a simple vista.

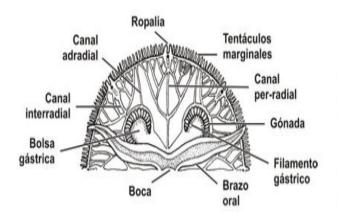


Carybdea marsupialis, Puerto Deportivo Aquadulce\_Almeria, 2013, cortesía de Alejandra Perez, Centro de buceo Aquatours Almeria



#### 1.2 Escifozoos. Morfologia, ciclos biológicos y ecología.

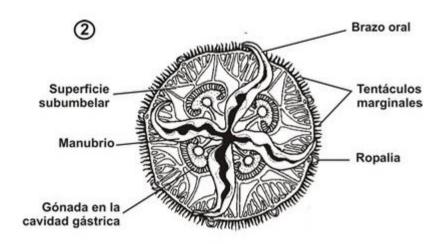
#### Morfología



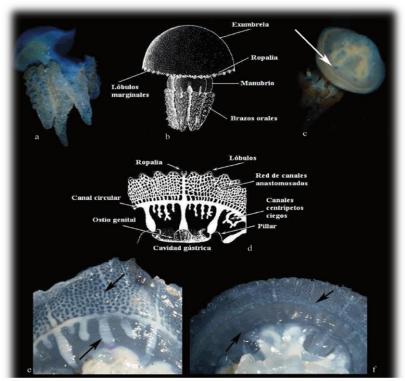
La principal característica de sus medusas es la ausencia de velo, una pequeña membrana que recubre la parte interna del borde de la umbela. El interior del cuerpo está dividido en un estómago central y cuatro bolsas gástricas por cuatro septos; estas bolsas dan origen a varios canales radiales, entre los que están los preradiales o septos principales, que

surgen de entre las bolsas gástricas y los interadiales, que surgen de los extremos de las mismas; entre ambos están los ochos canales adradiales.

En este grupo aparece la estructura sensorial más compleja de los cnidarios ,un centro quimio-estato-fotorreceptor. Cada ropalia tiene forma de maza y contiene un estatocisto hueco para el equilibrio y dos fosetas revestidas de epitelio sensorial. A veces también lleva ocelos.







igura 1. Escifomedusa Lychnorhiza sp. aff. L. lucerna: a. Espécimen vivo, fotografiado en acuario. Esquema general indicando las principales estructuras, c. Espécimen vivo fotografiado en acuario fiecha señala las manchas pigmentadas azules. d. Esquema de la vista subumbrelar. e. Detalle de lo inales centrípetos ciegos y la musculatura subumbrelar circular de un espécimen juvenil. f. Detalle de n espécimen adulto. Todas las fotografías de C. M. Cedeño-Posso; esquemas basados en Mayer (1910).

Fuente imagen: <a href="http://www.scielo.org.co/img/revistas/mar/v42n2/v42n2a09fig1.gif">http://www.scielo.org.co/img/revistas/mar/v42n2/v42n2a09fig1.gif</a>

La boca está situada en la parte inferior, en el extremo de una prolongación tubular llamada manubrio que a modo de faringe comunica con la cavidad gástrica y que tiene 4 tentáculos orales que se emplean en la alimentación y se disponen al nivel de los canales per-radiales. Las góndolas se disponen en los septos o en las bolsas gástricas, y suelen ser visibles al no tener la transparencia que tiene el resto del cuerpo. En el centro de la cavidad gástrica existen una serie de filamentos gástricos con cnidocitos y glándulas enzimáticas que ayudan en la digestión; Los canales radiales son los encargados de repartir el alimento en el cuerpo.

#### Ciclo biológico

Los Escifozoos son mayoritariamente marinos, su fase medusa es la que los ha dado a conocer. En su ciclo pasan por una forma pólipo asexual que da lugar a una medusa por un fenómeno conocido como **estrobilación**. Esta medusa se reproduce de forma sexual.



El **escifopólipo** es sésil, de poco tamaño, mayoritariamente de vida solitaria. Presentan un cuerpo con forma lineal y una corona de tentáculos alrededor de la boca. Se reproducen tanto sexual como asexualmente. En determinadas condiciones cuando están en la fase pólipo se reproducen de forma asexual, ya sea por gemación o por estolones dando lugar a unas medusas llamadas **éfiras** las cuales no han llegado a alcanzar la madurez. Posteriormente continúan su crecimiento hasta convertirse en medusas adultas. Las medusas son en su mayoría dioicas y los gametos son expulsados al exterior a través de la boca por lo que la fecundación es externa. El cigoto da lugar a una **larva plánula** de vida libre que se tarde o temprano se fija al sustrato y da lugar a un nuevo pólipo.

Estróbilos y Éfiras de *Cotylorhiza tuberculata* tomadas en el laboratorio con microscopia digital 40x





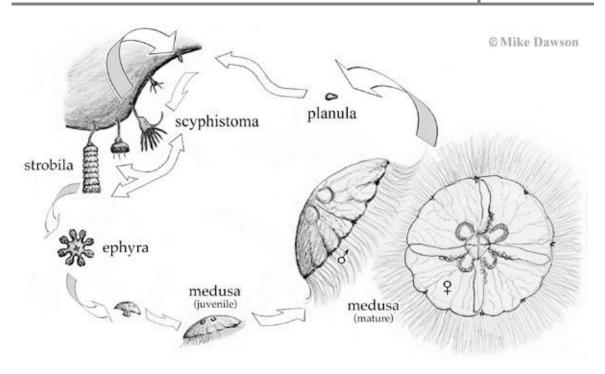
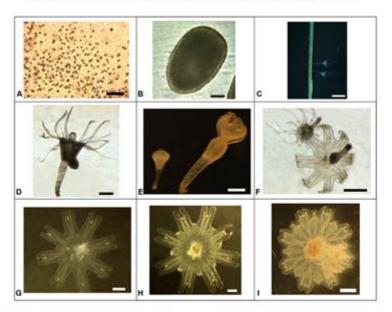


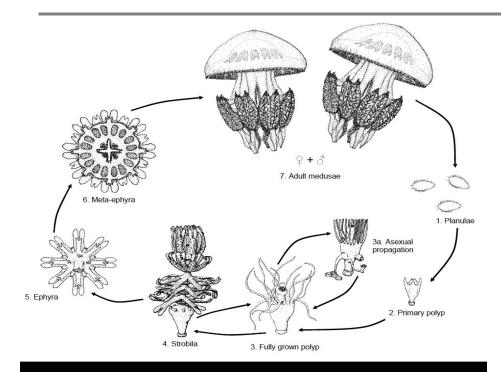
Figure 1. Cotylorhiza tuberculata. Various stages of its life history.



Prieto L. Astorga D. Navarro G. Ruiz J (2010) Environmental Control of Phase Transition and Polyp Survival of a Massive-Outbreaker Jellyfish. PLoS ONE 5(11): e13793. doi:10.1371/journal.pone.0013793 http://www.plosone.org/article/info:doi/10.1371/journal.pone.0013793

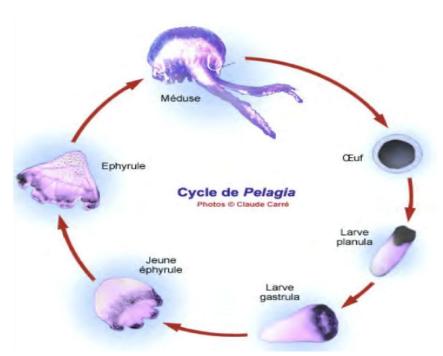






## cicle vital del borm blau (Rhizostoma pulmo)

Fuente imagen: http://www.aquariumbcn.com/especie/biologia-de-les-meduses/



Ciclo Pelagia por cortesía de Karen Kienberger

Video estrobilacion: http://youtu.be/-a2bpov9fmc

#### Rebelión en el mar.





#### **Ecología**

#### - Hábitat y alimentación:

En este grupo se incluyen unas 200 especies. En esta clase el pólipo está reducido o ausente. La medusa presenta brazos orales.

Las medusas viven a la deriva en la columna de agua de mares y océanos de todo el mundo. Sus rítmicas pulsaciones son incapaces de vencer las poderosas corrientes marinas, que las zarandean de un lugar a otro. Por esta razón es frecuente observar aglomeraciones de medusas en zonas costeras o de playa. El estar dotadas de un infalible sistema de células urticantes convierte a las medusas en unos molestos inquilinos ya que un contacto directo puede provocarnos dolorosas reacciones cutáneas.

Solo conocemos de su existencia cuando irrumpen en nuestras costas, para inexorablemente morir embarrancadas en la arena o estampadas contra una pared rocosa. Las medusas son organismos extremadamente frágiles fuera de su entorno natural: el agua. De hecho, más del 95% de su biomasa es agua. No es de extrañar que en algunos lugares del mundo se les conozca con el nombre de aguavivas.

Las medusas son en realidad la fase sexual del ciclo. Existen sexos separados pudiendo diferenciarse fácilmente en la mayoría de las especies los machos de las hembras. Cuando las condiciones tróficas son óptimas, las medusas se desarrollan con rapidez a partir de la éfira, alcanzando la madurez sexual y su máximo tamaño en unos tres meses.

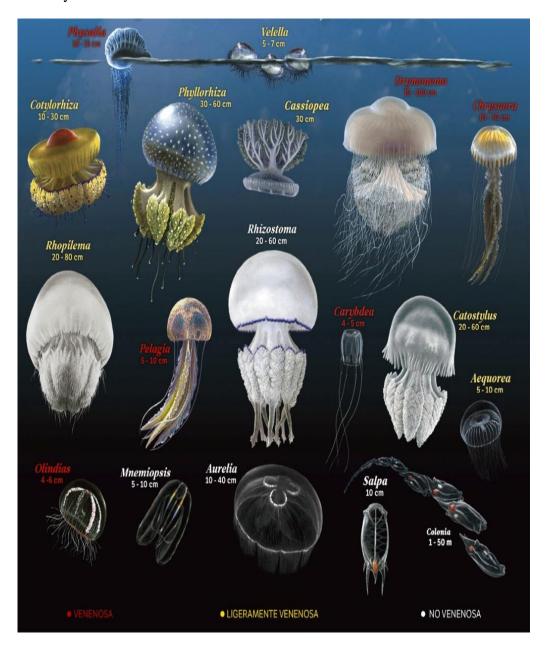
Son animales filtradores activos que se alimentan de organismos del fito y del zooplancton. En general no discriminan el tipo de alimento capturando todo lo que en ese momento tienen a su disposición, aunque algunas especies si se han especializado en la captura de un alimento en concreto, especialmente aquellas que capturan larvas de peces.

La alimentación de especies presentes en el Mar Menor como la medusa "huevo frito" o la *Rhizostoma Pulmo*, consiste básicamente en fito y zooplancton de pequeño tamaño, y se han visto favorecidas por el cambio en la estructura de las comunidades planctónicas resultado de los incrementos de nutrientes. Existen especies de medusas con algas zooxantelas simbiontes que les proporcionan un aporte alimenticio extra, fundamental en condiciones adversas, como es el caso de *Cotylorhiza tuberculata*, haciendo que los procesos de eutrofización les sean aun más favorables al ser también organismos que los aprovechen directamente a través de sus algas simbiontes.



En el Mediterráneo destaca por su abundancia la especie *Pelagia noctiluca*. Se trata de la especie más adaptada al mar abierto, hasta el punto de realizar todo su ciclo completamente en el agua, no tiene fase bentónica. En su alimentación está adaptada a capturar larvas de peces y otros organismos de gran tamaño.

#### - Outbreak y blooms:



En la imagen anterior, pueden observarse los ejemplares de plancton gelatinoso más comunes en el Mediterráneo.



Hacia los años setenta y ochenta se comienza a prestar atención a los fenómenos de las proliferaciones masivas de medusas. Es en 1980 cuando toma conciencia se verdaderamente, a raíz del desastre ecológico del Mar Negro, la introducción del ctenóforo Mnemiopsis leidyi. Por fin, esto sirvió para plantearse la forma de abordar el problema y dejó considerarse a los blooms de organismos gelatinosos como un problema sino como un síntoma de los problemas ambientales como la eutrofización. asociada a fenómenos de sobrepesca, modificación de hábitats,



Outbreak de Pelagia Noctiluca. Foto tomada en la playa del Rinconcillo, Algeciras, en el verano de 2012. Foto: Mario Mena Galera

introducción de especies invasoras y al cambio climático, siendo por tanto un reflejo más del cambio global.

A partir de la década de los 80s, es un proceso que ha ido poco a poco a más. Al principio comenzó siendo un problema localizado en mares y/o zonas cerradas (mar Adriático, mar Egeo, fiordos, Mar Menor, etc). En la actualidad ya es un problema que ha alcanzado a la totalidad del Mediterráneo.

Son variadas las hipótesis que pueden explicar este fenómeno, y en realidad son varias las que actúan conjuntamente. Ante un aumento generalizado de la contaminación orgánica y la eutrofización que hace que se dispare la producción primaria, aparecen los organismos mejor adaptados para explotar este recurso. A esto, sin lugar a dudas debemos añadir el descenso por sobrepesca de las especies planctófagas que competían con las medusas por el alimento. El resultado es un incremento masivo de estos organismos gelatinosos. No obstante las causas de la proliferación de medusas será abordado mas en profundidad en el tercer capítulo de nuestro trabajo





Invasión de *Pelagia noctiluca* en Cap Roux ,Cannes .Francia.4 de Enero de 2015 Jellyfish Research South Spain



Varamiento de *Pelagia noctiluca* en la playa de Levante de la Linea de la Concepción tras un fuerte temporal de levante 10/01/2015. Foto por cortesía de Verdemar(Ecologistas en Acción).



En la siguiente imagen vemos la hoja de avistamiento del ICMAN para poder informar a este organismo de los posibles varamientos, u observaciones de ejemplares vivos. Esto permite a los científicos poder estudiar las poblaciones de medusas y su evolución en función de diversos factores climáticos o estacionales como la fuerza del viento, la meteorología o las corrientes marinas.

El equipo de la Dra Laura Prieto en el ICMAN (CSIC) y Karen Kienberger de Jellyfish Research South Spain, junto otros organismos con internacionales como PERSEUS. llevan varios años estudiando el plancton ,los gelatinoso ciclos biológicos de especies como Cotylorhiza tuberculata y la evolución de las poblaciones de medusas en el Mediterráneo.



Detalle del varamiento anterior.Foto por cortesía de Juan Prieto



#### Hoja de avistamientos medusas

Fecha: Lugar: Observador: Coordenadas: Instituto de Ciencias Marinas de Andalucia, ICMAN (CSIC) Email: I.p@csic.es

Persona de contacto en Marina del Este (Almuñécar) Karen: Tel. 622-32-64-39



				-
Me	rec	m	OG	128

Sol	Sol/Nubes	Nubes	Lluvia	
HOLD AND ADDRESS OF THE PARTY O				

Fe	tar	0	del	mar
	Lau		uei	mai

Plana	Marejadilla	Marejada	Mar de Fondo

D

riento			Corriente	Corriente		
Dirección	Débil	Moderado	Fuerte	Dirección	Débil	Moderado
			- 1			

#### ABUNDANCIA (¿Cúantas has visto?)

7)	1 indiv.	2-5 indiv.	6-10 indiv.	11-99 indiv.	más de 100	no definida
Pelagia noctiluca				7		
Cotylorhiza tuberculata						
Rhizostoma pulmo						
Aurelia aurita						
Chrysaora hysoscella						
Velella velella						
Physalia physalis						
Caribdea marsupialis						
Ctenophoro						
Sin identificar						









Fuerte



#### 1.3 Fichas identificativas de algunos escifozoos frecuentes en el Mediterráneo.

#### Pelagia noctiluca



Pelagia noctiluca .Playa de Getares.Algeciras.Diciembre 2014



Macho Hembra

(Fotos por cortesía de Karen Kienberger)

#### Orden Semaeostomeae

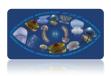
Familia Pelagiidae

Pelagia noctiluca

Pelagia noctiluca (Forsskäl, 1775)

Medusa o acalefo luminiscente (Ingl: Pink jellyfish, Mauve stinger)

• Diámetro de la umbrela entre 5- 10 cm.



- Medusa pequeña de aspecto setiforme, transparente pero con tonos rosado- violáceos. Es fosforescente en la oscuridad en respuesta a determinados estímulos.
- La umbrela posee 16 lóbulos y 8 tentáculos filiformes, que pueden alcanzar 1 metro o más de longitud (no se aprecia en la fotografía adjunta) y armados con abundantes nematocistos. Tiene cuatro brazos orales largos y gruesos y provistos de finas expansiones plisadas.
- Tanto la umbrela como los brazos orales están cubiertos por numerosa verrugas urticantes más oscuras y de color pardo rosado.
- Pelágica, especialmente en aguas calientes y templadas. Es una especie oceánica cuyas larvas no se fijan al sustrato marino sino que se desarrollan sobre los propios tentáculos o la abertura bucal de la medusa adulta, produciendo por gemación directamente las éfiras.
- Suele concentrarse en grandes bancos que pueden llegar a las costas andaluzas en verano, asociados a las corrientes templadas favorecidas por los vientos de levante en el Mar de Alborán. Aunque es una especie oceánica no es frecuente encontrarla en las costas atlánticas de Andalucía.
- Es la especie más peligrosa por su toxicidad y por formar blooms de cientos de individuos que pueden llegar a las playas utilizadas por bañistas. Aunque el contacto directo con la sombrilla o los brazos orales es difícil de prevenir en el agua, debido a su transparencia, los largos y finos tentáculos acrecientan el riesgo de lesiones dérmicas debido a su mayor alcance y al número y características de sus nematocistos arponados que hacen que los filamentos queden adheridos a la piel.
- Sus nematocistos poseen un veneno bastante activo por lo que aparte de la sensación de quemazón puede producir dolor intenso y otros síntomas más generales como nauseas, vómitos, parálisis o calambres musculares o dificultad respiratoria. Las marcas dérmicas, eritematosas arrosariadas o serpentiforme y elevadas, pueden tardar en desaparecer varias semanas sobre todo si no han sido atendidas prematuramente



#### Cotylorhiza tuberculata



Imágenes por cortesía de Vicente Pérez Duran del Club de Buceo CIES Algeciras.

Orden: Rhizostomeae Familia: Cepheidae

Cotylorhiza tuberculata (Macri, 1778)

Aguacuajada, medusa de huevo frito o acalefo encrespado (Ingl: Fried egg jellyfish

- Diámetro de la sombrilla (umbrela) de 20-35 cm.
- Es muy característica la forma y color de la sombrilla, aplanada, marrón amarillenta con cierto grado de verde en función de las algas simbiontes que viven en su interior, y con una destacada protuberancia central pardo anaranjada.
- Tiene 8 brazos orales cubiertos de apéndices a modo de pequeños tentáculos con el extremo en forma de botón blanco o azulado. El perímetro de la umbrela está dividido en 16 lóbulos subdivididos a su vez en más de cien. Como el resto de rizostómidos, el borde umbrelar no posee tentáculos.
- Pelágica, tanto en aguas profundas como en la costa. Las poblaciones de adultos están sujetas al régimen de corrientes y vientos dominantes, aunque tiene buena capacidad de desplazamiento propioComún en todo el Mediterráneo, aunque en las costas andaluzas es más frecuente en las provincias más orientales, durante el verano y otoño.
- La capacidad de producir urticaria es limitada, en parte debido a la escasa longitud de sus tentáculos, y cuando ocurre sus efectos son muy leves no pasando de irritación de la piel y picor. A no ser que exista una reacción de tipo alérgico, no requiere atención médica en ningún caso



#### Rizhostoma Pulmo



Imágenes por cortesía de Karen Kienberger. Mar Menor 2011.

#### Orden Rhizostomeae

#### Familia Rhizostomatidae

Rhizostoma pulmo (Macri, 1778) .Aguamala, aguaviva o acalefo azul(Ingl: Rhizostome jellyfish, Barrel jellyfish)

- Diámetro de la umbrela hasta 90-100 cm.Umbrela de forma acampanada blanca azulada y orlada de numerosos lóbulos de color violeta (unos 80) y sin tentáculos marginales.
- Posee 8 gruesos tentáculos orales, fusionados formando un manubrio blanco azulado que en su parte media forma una especie de corona festoneada con 16 punta.
- Pelágica, se localiza tanto en aguas profundas o someras. Parece que pueden desplazarse de forma independiente de las corrientes marinas hacia las zonas de mayor abundancia de alimento.
- Especie del Mediterráneo y Atlántico. Frecuenta las costas en primavera pero puede verse esporádicamente desde mayo a noviembre en todo el litoral andaluz. Poco abundante y no forma blooms.
- Aunque si es irritante los contactos con estas medusas o los fragmentos de tentáculos liberados en agua no produce cuadros dermatológicos graves. No deja marcas manifiestas pero si puede producir una intensa irritación de la piel acompañada de escozor o picor.



# 1.4 Seguimiento en laboratorio del ciclo biológico de *Cotylorhiza tuberculata* "medusa huevo frito". Montaje de un acuario para observación de medusas.

#### 1.4.1) Introdución:

Las imágenes que se exponen a continuación han sido obtenidas a partir de una muestra cedida por las Dra. Laura Prieto investigadora de ICMAN (Instituto de Ciencias marinas de Andalucía).Dicha muestra contenia pólipos que se encontraban en nevera a 17,5°C con agua de la Bahía de Cádiz. La alimentación se ha realizado con rotíferos.

Dichos pólipos procedían de plánulas que se habían depositado en número de 100, en distintos botes. Las plánulas fueron recolectadas hace 4 años. Una vez que se han transformado en pólipos, y en buenas condiciones de alimentación y temperatura, estos se clonan a sí mismos por el proceso de gemación. Entonces de un cultivo original de (n) pólipos, al cabo del tiempo, se obtiene muchos más. Los investigadores del ICMAN intentan que no suba mucho el número de pólipos en un mismo bote. Por eso, si al alimentarlos algunos se despegan al cambiarles el agua (que es uno de los pasos), se van colocando en botes distintos, intentando que en cada bote hubiera unos 20 o 30 pólipos como máximo.

Esto es lo que se hace cuando se tiene el cultivo en pleno apogeo y se está experimentando con ellos. Si solo se realiza mantenimiento del cultivo, entonces los que se despegan se pasan a un pequeño acuario. La edad de cada uno de los pólipos de nuestra muestra, no se conoce pero el cultivo en su totalidad tiene 4 años.



ICMAN.CSIC Universidad de Cádiz.







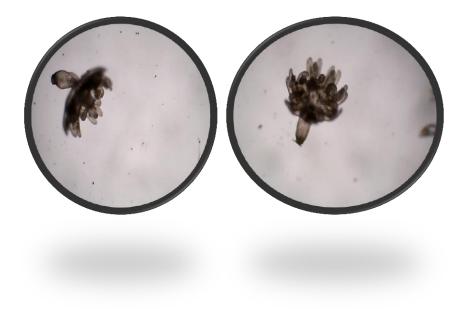
Aspecto del cultivo entregado por la dra prieto 24 septiembre 2014

1.4.2) Seguimiento del ciclo desde el 4 de Octubre al 12 de Noviembre(Microscopio digital )



Escifostomas en distintos estados de maduración 40x





Estrobilación 40x

Estrobilacion 40x



Estrobilacion 100x





Algunos apuntes tomados sobre las observaciones realizadas



#### RESUMEN DE LAS DISTINTAS ETAPAS DEL CICLO DE Cotylorhiza tuberculata

# IMÁGENES TOMADAS CON MICROSCOPIO DIGITAL AUMENTOS 40X Y 100X

Escifostomas, estróbilos y éfiras



El seguimiento se ha realizado en el laboratorio del colegio , midiendo a diario las condiciones de humedad y temperatura. Se ha realizado un conteo de las distintas etapas del ciclo(ver ANEXO1). No se ha alimentado a los pólipos durante este tiempo. El cultivo se mantiene vivo a 19 de Noviembre habiéndose pasado a acuario (11 de Noviembre) parte de las éfiras ,con oxigenación y alimentación semanal con alimento para peces. Otra parte de las mismas se mantiene en vaso de precipitado sin oxígeno y con la misma alimentación pero no en la misma cantidad. (proporción 1/5).El bote de partida se mantiene en las mismas condiciones. El agua se ha cambiado en todos los casos utilizándose agua de la playa del Rinconcillo.



El número de .éfiras cuando la muestra se nos entregó en Cádiz era de 2 duplicándose dicho numero al día siguiente de su entrega. **El aumento de temperatura de 17,5°c a 23° ha disparado el número de éfiras** en muy poco tiempo (ver ANEXO1).En dicha tabla se han identificado principalmente solo algunas de las fases realizándose esta identificación "de visum" y utilizando lupas de mano.



Alumnos realizando sus observaciones

Videos muestra recién entregada conteniendo solo dos éfiras 24 de octubre 2014(videos realizados con iphone 4)

 $\frac{https://drive.google.com/file/d/0B9SIQIU5YUdZaDduS0p4ZEJPMlU/view?usp=sharin}{g}$ 

 $\underline{https://drive.google.com/file/d/0B9SIQIU5YUdZdnpmSzd0SGlrRVE/view?usp=sharing}$ 

https://drive.google.com/file/d/0B9SIQIU5YUdZSVpIRVNha01QVWM/view?usp=sharing

Videos con muestras procedentes del tarro de cultivo segunda semana de octubre de 2014(microscopio digital 50x)

1)Efiras

 $\underline{https://drive.google.com/file/d/0B9SIQIU5YUdZQkx4OURSM0l5YnM/view?usp=sharing}$ 



#### 2) Estrobilacion:

 $\underline{https://drive.google.com/file/d/0B9SIQlU5YUdZaUdNV2tvYklybU0/view?usp=sharing}$ 

1.4.3)Seguimiento del ciclo a partir del día 12 de Noviembre(imágenes con microscopia digital)

A partir del dia 12 de Noviembre se retiraron del tarro de cultivo 25 éfiras trasladando 20 de ellas a una pecera esférica, empezando a suministrarle oxígeno y alimento una vez por semana. Dicho alimento es en principio un triturado de alimento para peces y posteriormente ,nauplios de Artemia salina procedentes de huevos eclosionados en el laboratorio en vaso de precipitado con oxigenación. Los nauplios se obtienen a las 48 horas y se trasladan a la pecera antes mencionada.

Cinco éfiras se dejan en un vaso de precipitado sin oxigenación, pero si con el mismo alimento, apreciándose una rápida mortandad de las mismas, de tal forma que este cultivo solo dura hasta el día 21 de Noviembre, es decir un total de 9 días.



En la imagen anterior montaje de pecera para éfiras y vaso de precipitados para eclosión de Artemia

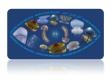
Video de éfiras procedentes de la pecera dia 2 de Diciembre(microscopia digital 40x):

 $\frac{https://drive.google.com/file/d/0B9SIQIU5YUdZUXg1dVY2UUV5bk0/view?usp=sharing}{https://drive.google.com/file/d/0B9SIQIU5YUdZZGt1UEN2aVR3RGs/view?usp=sharing}$ 

 $\underline{https://drive.google.com/file/d/0B9SIQlU5YUdZWGdDa2Q1ZnFUYzQ/view?usp=sharing}$ 

#### Rebelión en el mar.

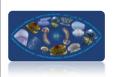
2015



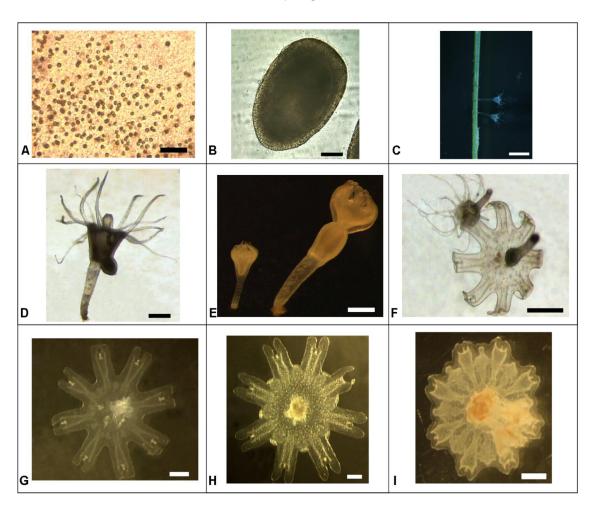
Video de éfiras procedentes del tarro de cultivo dia 2 de Diciembre(microscopia digital 40x): <a href="https://drive.google.com/file/d/0B9SIQlU5YUdZYWRoRkZ6TGpBbjQ/view?usp8=sharing">https://drive.google.com/file/d/0B9SIQlU5YUdZYWRoRkZ6TGpBbjQ/view?usp8=sharing</a>

A día de hoy 5 de Diciembre ,y ante nuestra sorpresa, el cultivo procedente del ICMAN sigue activo y produciendo éfiras. Por tanto continuamos con el seguimiento del mismo. El seguimiento del cultivo en pecera se limita a contar las éfiras que se mantienen vivas, controlando también las condiciones de temperatura y humedad del laboratorio (Ver ANEXO 2).

Mantenemos el seguimiento del ciclo hasta las vacaciones de Navidad, realizándose las últimas observaciones el 16 de Diciembre.



#### ANEXO 1



Fuente imagen: Environmental Control of Phase Transition and Polyp Survival of a Massive-Outbreaker Jellyfish Laura Prieto\*, Diana Astorga, Gabriel Navarro, Javier Ruiz. Department of Ecology and Coastal Management, Instituto de Ciencias Marinas de Andalucı'a (CSIC), Ca'diz, Spain

# 2015



				CMAN DRAL			•			TA CICLO VITAL
	OCTUBRE	ESTADO C	ESTADO D	ESTADO E	ESTADO F	ESTADO G	ESTADO H	total EFIRAS	TEMPERAT	TURA Y HUMED
ADIZ	DIA 24					2				
	DIA 25					3				
	DIA 26					4				
	DIA 27				4	4				
ABORAT	DIA 28	60		22		5	3	8	24º	52%
	DIA 29	57	0	0	2	. 7	3	10	24º	52%
	DIA 30	59			4	. 8			23º	53%
	DIA 31	62	1	3	7	4	4	8	23º	52%
	NOVIEMBRE									
	DIA 1									
	DIA2									
	DIA 3	70	1	0	C	8	10	19	22º	50%
	DIA 4	54			C				23º	52%
	DIA 5	49			0				19,1º	
		49			1				19,1º 19,9º	59% 73%
	DIA 6								-	/3%
	DIA 7	40	1	1	1	. 22	12	34		
	DIA 8									
	DIA 9									
	DiA 10	59				17			24,4º	39%
ARTE1	DIA11	47							20º	82%
5 efiras	DIA 12	39			7				20,4º	78%
ARTE 2	DIA 13	42				2			20,8º	85%
	DIA 14	60	0	3	C	3	2	5	21,8º	90%
	DIA 15									
	DIA 16									
	DIA 17	44	9	6	3	4	3	7	17,5º	64%
	DIA 18	55	8		C	5			19,89	81%
	DIA 19	53			C	3			189	78%
	DIA 20	58			C				20º	87%
	DIA 21	56			0				19,5º	81%
	DIA 22	30	J	,					10,0	01/0
	DIA 22 DIA 23									
	DIA 23	40	5	3	3	5	4	0	20,89	83%
	DIA 24	35								
					1				19,5º	71%
	DIA 26	40								/
	DIA 27	37							19,9º	75%
	DIA 28	38	6	5	3	5	2	7	17,6º	79%
	DIA 29									
	DIA 30									
	DICIEMBRE									
	DIA 1	30			3					
	DIA 2	40			2				19º	83%
	DIA 3	14			C	10	2	12	17,4º	78%
	DIA 4	13	2	5	2	. 8	2	10	16,19	76%
	DIA 5									
	DIA 6									
	DIA 7									
	DIA 8									
	DIA 9	12	0	5	C	8	2	10	13,9º	75%
	DIA 10	40			4				15,49	75%
	DIA 10	32							13,69	79%
		32	0	Ь		1		3	13,0=	19%
	DIA 12									
	DIA 13									
	DIA 14									
	DIA 15									
	DIA 16	38	0	6	C	0	0	0	15º	80%

Colegio María Auxiliadora(Salesianos) Página 37



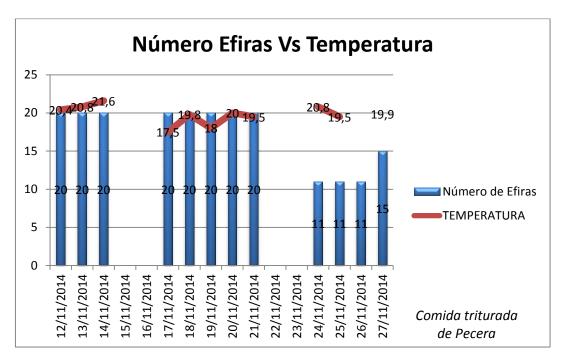
## ANEXO 2 SEGUIMIENTO PECERA 12NOV-16DIC

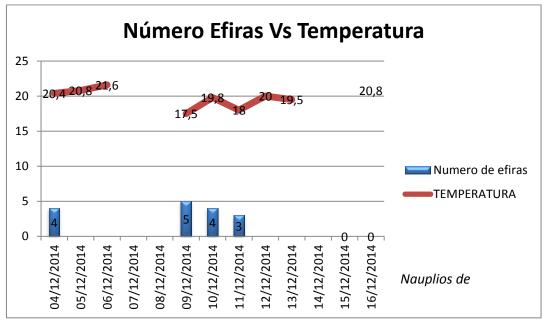
SEGUIMIENTO NUMERO DE EFIRAS DE COTYLORHIZA TUBERCULATA A PARTIR DEL 12 DE NOV 2014										
NOVIEMBRE	Nο	TEMPERATURA	HUMEDAD	TIPO DE ALIMENTACION						
DIA 12	20	20,4º	78%							
DIA 13	20	20,8º	85%	Comida peces triturada						
DIA 14	20	21,6º	90%							
DIA 15										
DIA 16										
DIA 17	20	17,5º	64%							
DIA 18	20	19,8º	81%							
DIA 19	20	18º	78%							
DIA20	20	20º	87%							
DIA 21	20	19,5⁰	81%	Comida peces triturada						
DIA 22										
DIA 23										
DIA 24	10 o 12	20,8º	85%							
DIA 25	10 o 12	19,5º	71%							
DIA 26	9 o 13									
DIA 27	13 o 16	19,9º	75%							
DIA 28	10 o 11	17,6º	79%	Nauplios de Artemia						
DIA 29										
DIA 30										
DICIEMBRE										
DIA 1	11									
DIA 2	9	19º	83%							
DIA 3	5	17,4º	78%							
DIA 4	3 o 4	16,1º	76%	Nauplios de Artemia						
DIA5										
DIA6										
DIA7										
DIA8										
DIA9		13,9º	75%							
DIA10		15,4º		Nauplios de Artemia						
DIA11	2 o 3	13,6º	79%							
DIA12										
DIA13										
DIA14										
DIA15	0									
DIA16	0	15º	80%							



**GRAFICAS ANEXO 2** 

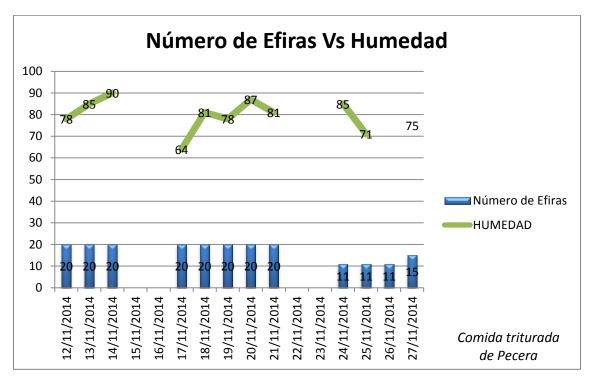
GRÁFICAS SEGUIMIENO PECERA: RELACION ENTRE NUMERO DE EFIRAS Y TEMPERATURA AMBIENTAL

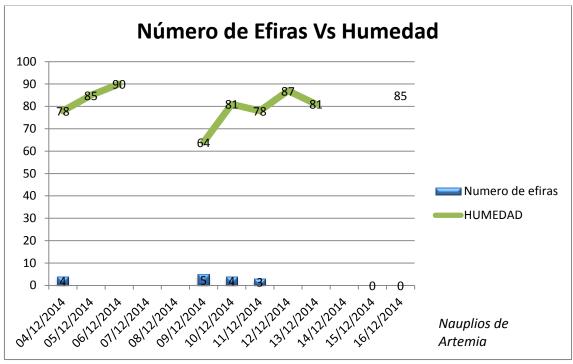






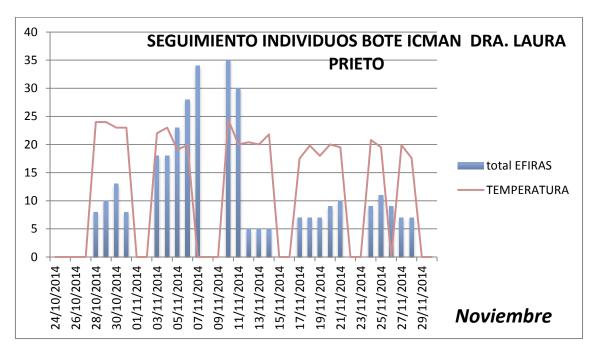
# GRÁFICAS SEGUIMIENO PECERA: RELACION ENTRE NUMERO DE EFIRAS Y HUMEDAD AMBIENTAL

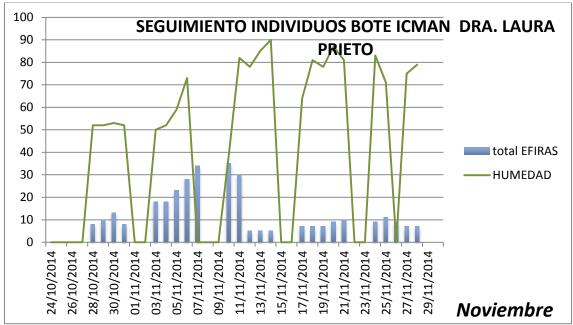




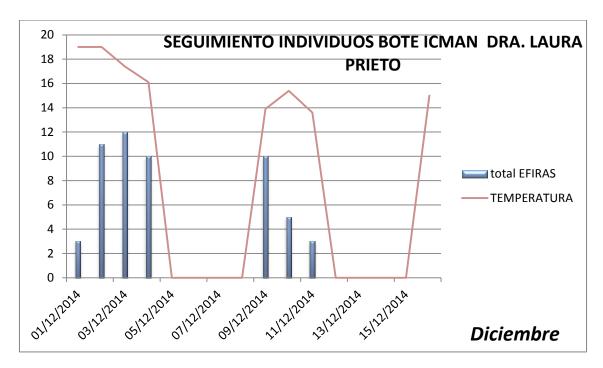


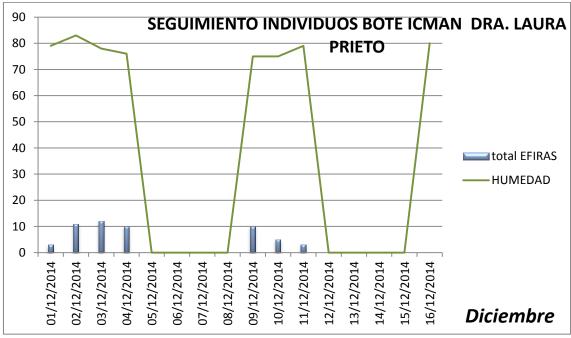
# GRÁFICAS SEGUIMIENTO BOTE ICMAN: RELACION ENTRE NUMERO DE EFIRAS Y TEMPERATURA Y HUMEDAD AMBIENTAL











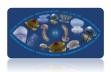


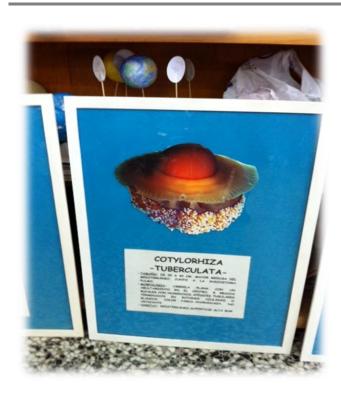
# 1.5 Fabricación de modelos de Pelagia noctiluca, Cotylorhiza tuberculata y Rhizostoma pulmo.

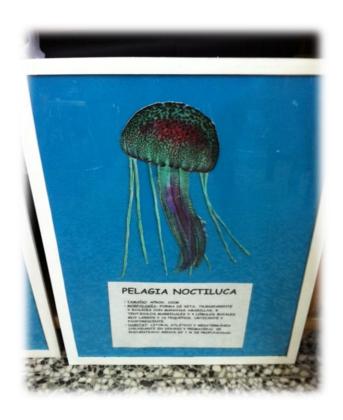
La fabricación de dichos modelos se ha realizado con fotgrafias,ppel,plástico,papel pluma y goma eva. Se han reciclado los marcos de cuadros que no se utilizaban de la casa de uno de los alumnos. Estos marcos se han pulido y pintado para mejorar su presentación.

El resultado es el siguiente:

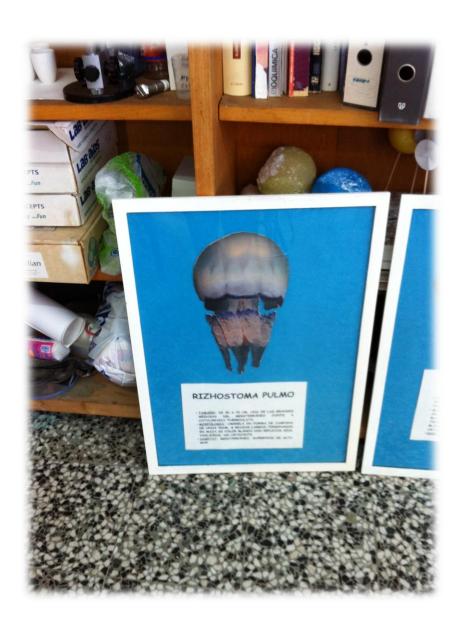






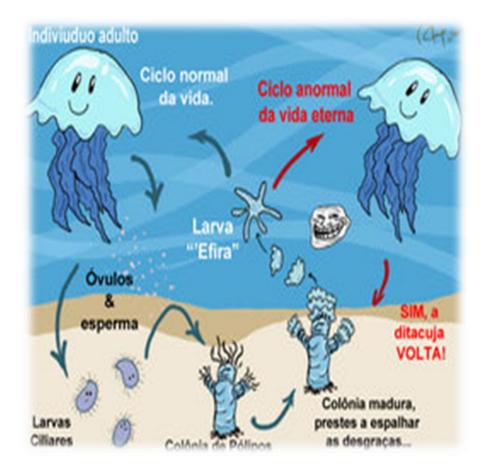






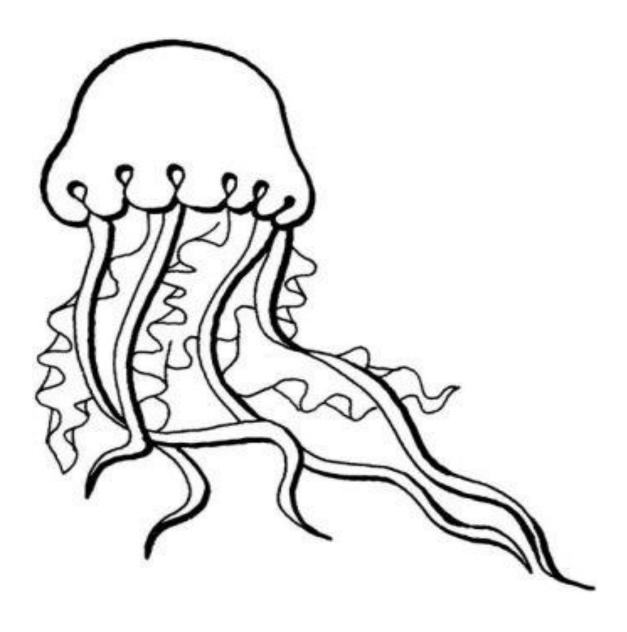


# 1.6 Jugando con las medusas y fichas para colorear.

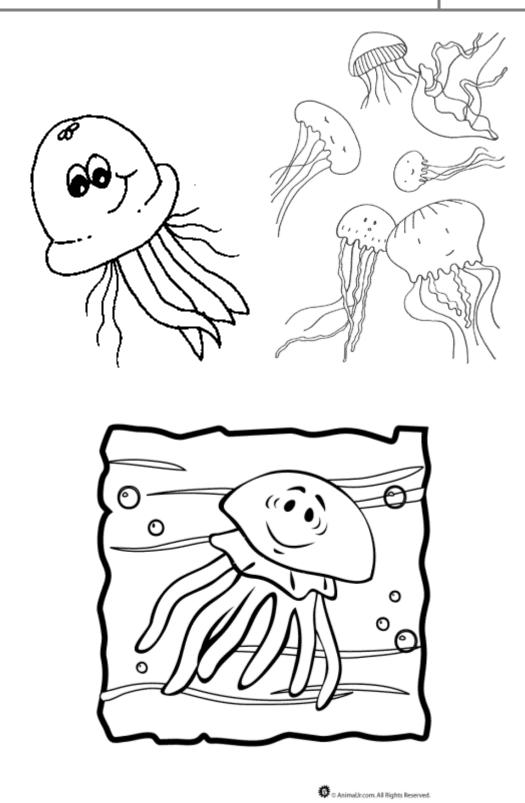




# 1.6.1 Dibujos para colorear por los niños.









## 1.6.2 Como hacer un modelo de medusa.

## JUGANDO CON MEDUSAS

## MEDUSAS DENTRO DE UNA BOTELLA

http://www.tusmanualidades.net/manualidades-infantiles-medusa-dentro-de-una-botella/



Materiales: Una bolsa de plástico. Botella de plástico. Colorante de alimentos. Tijeras.

- Colocamos la bolsa en una superficie plana y cortamos las asas y la base (ver foto 1)
- Cortar a lo largo de ambos lados (ver foto 2) para dividir en 2 hojas de plástico por cierto, sólo usamos una de las dos partes.
- Desde el centro de la lámina de plástico, que se pliegan como un globo pequeño para hacer la parte de la cabeza y atar con el hilo no demasiado apretado (ver foto 3) Debemos dejar un pequeño agujero para verter un poco de agua en la parte de la cabeza (ver foto 7-8).





Ahora vamos a llegar a la parte de la cabeza y el resto serán sus tentáculos. Cortar desde el borde hasta la parte de cabeza aproximadamente, obtendremos alrededor de 8-10 tentáculos (ver foto 4) Para cada uno de ellos, corte de nuevo en 3-4 pequeñas cadenas (ver foto 5) y acaba de cortar la parte restante. Recortar en finas tiras para conseguir el resultado de la foto. (ver foto 6)



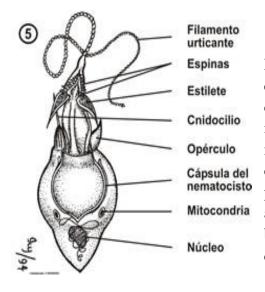
- Poner un poco de agua en la parte de la cabeza para que sea capaz de hundirse (ver foto 7). Se debe dejar un poco de aire en su interior para que sea capaz de flotar hacia arriba (ver foto 8). Llenar la botella de agua (ver foto 9).
- Poner la medusas en la botella con unas gotas de colorante azul. Atornille el tapón y listo!!!!



2. Toxinas en Escifozoos.

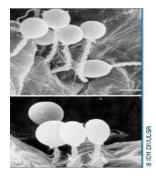
2.1. Funcionamiento y estructura de los cnidocitos. Tipos de toxinas y estructura química de las mismas. Acción en el organismo. Tratamientos. Datos estadísticos de las playas de Algeciras.

## 2.1.1. Funcionamiento y estructura de los cnidocitos.



Los **cnidoblastos** o **cnidocitos** son unas células especiales de 2 a 50 µm de diámetro exclusivas de los Cnidarios (medusas, corales, anémonas de mar) que segregan una sustancia urticante y cuya misión es tanto la defensa contra los depredadores como el ataque para capturar presas. Los cnidoblastos son especialmente abundantes en los tentáculos y alrededor de la boca, su concentración llega a ser de 105-106 células por cm<sup>2</sup>.

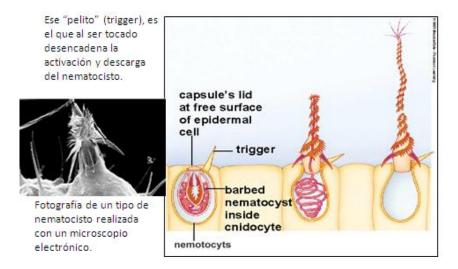
Los cnidoblastos son células redondeadas con el núcleo en posición basal y un gran orgánulo característico, el **cnidocisto** o **nematocisto**, de más de 100 µm, en posición apical; junto a él existe un flagelo muy modificado, el **cnidocilio** que capta los estímulos que desencadenan la descarga. El cnidocisto consta de una **cápsula** invaginada de doble pared, un **opérculo** que la cierra y un **filamento** enrollado en su interior que con frecuencia está erizado de espinas.



Fotografías de células urticantes al microscopio electrónico.

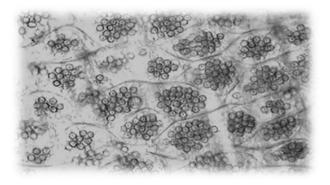


Los cnidocitos son uno de los tipos celulares, que se encuentran en la epidermis y están alojados entre células epiteliomusculares o fuera de ellas.



Fuente: Elena Guerrero. PhD ICM Barcelona.

El mecanismo de disparo consiste en un cambio de permeabilidad de la pared de la cápsula. Ante la influencia de *estímulos mecánicos y químicos*, el opérculo o pliegues del cnido se abren. La presión hidrostática generada en el interior de la cápsula, que llega a las 200 atm, libera el tubo. Lo normal es que los cnidocitos se disparen independientes, aunque lo más probable es que esto éste controlado por impulsos nerviosos de las terminales neuronales asociada con el cnidocito. Los cnidocitos son capaces de inyectar el veneno en 3 milisegundos debido a la presión mencionada anteriormente; además la potencia de este disparo puede llegar a penetrar hasta 0,9 mm en la piel humana.



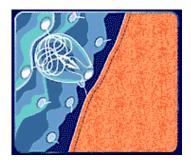
Racimos de cnidocitos en la superficie de brazos orales de Pleagia noctiluca

Fuente imagen: Nematocytes' activation in Pelagia noctiluca (Cnidaria, Scyphozoa) oral arms R. Morabito • A. Marino • G. La Spada



Según Morabito, Marino y La Spada, en el estudio antes mencionado en la imagen, en *Pelagia noctiluca*, los productos químicos asociados con los movimientos de la presa se utilizan para identificar a dicha presa y sintonizar los mecanorreceptores a la frecuencia del movimiento de las presas. Además, ya que la capacidad de respuesta de Escifozoos a la misma descarga de productos químicos de activación se ha demostrado también en Antozoos, podemos sugerir que el mecanismo de control de descarga está conservado evolutivamente durante cientos de millones de años.

Mediante la evaluación de que la activación de la descarga de especímenes de Escifozoos, como *Pelagia noctiluca*, tiene características comunes a la observada por otros autores en Antozoos, puede decirse que aunque ambos, Antozoos y Escifozoos han seguido caminos diferentes evolutivamente hablando (Park et al. 2012), estos mecanismos similares para la activación del los cnidocitos, un proceso esencial para la supervivencia de la totalidad de la phylum, probablemente deriva de su último antecesor común.



Gift funcionamiento de un cnidocito

Elena Guerrero. PhD. ICM Barcelona

https://mail.google.com/mail/u/0/?ui=2&ik=808414b541&view=fimg&th=14a5e057e68fcaaf&a
ttid=0.1.1&disp=emb&attbid=ANGjdJ8vFsgg0nxqFxjZLVrGpgkG2RclRX9BuX5eZcvAxSJN
EyFT9ddyOPBHLRdauFquVd2h14h\_0bLKUJ0hikNRmwbm18kaz9YKKajpc0KzjB498jFRjD
yGLdBoNoc&sz=s0-175-ft&ats=1419274178076&rm=14a5e057e68fcaaf&zw&atsh=1

Animación realizada por Laura Pérez Zarco. Bióloga. Exposición Veneno animal del Parque de las Ciencias de Granada.

https://drive.google.com/file/d/0B9SIQlU5YUdZaExlX1VOVlhmeUk/view?usp=sharing





Realmente los cnidocitos se disparan tan rápido que serían capaz de picarte 20 veces antes de parpadear una sola vez. Una de las revelaciones más importantes de este experimento que se ha realizado en la Universidad James Cook, es la diferencia de tiempo entre cuando las agujas de los nematocitos se disparan y cuando el veneno sale al exterior.

En los vídeos que se muestran a continuación, los nematocistos parecen que se desencadenan en un movimiento lento gracias a la alta velocidad de las cámaras procedentes de la universidad mencionada anteriormente que se encuentra en Cairns, Australia.

## Disparo de los cnidocitos.

https://drive.google.com/file/d/0Bw5OE0bvd\_g4OWVVOXIHUFlPZmc/view?usp=sharing

Diferencia de tiempos en los que un cnidocito se dispara y expulsa el veneno.

https://drive.google.com/file/d/0Bw5OE0bvd\_g4REl4cEtkcEVyaDg/view?usp=sharing

Fuente de ambos videos: <a href="http://www.mnn.com/earth-matters/animals/stories/jellyfish-stings-are-like-supersonic-harpoons#ixzz30GbJmVZ1">http://www.mnn.com/earth-matters/animals/stories/jellyfish-stings-are-like-supersonic-harpoons#ixzz30GbJmVZ1</a>

## Tipos de cnidos

Las variantes de disposición y longitud de las espinas y de diámetro del tubo dan lugar a 30 tipos de cnidos, que son constantes en cada especie. Según su morfología se pueden dividir en:

· Nematocistos: El tipo más importante de cnidos, se observa en todos los cnidarios. Son filamentos largos, de varios milímetros de longitud. Poseen una función de defensa, aunque también son usados para la captura de presas ya que muchos inyectan las toxinas, sobretodo para paralizar a sus presas.

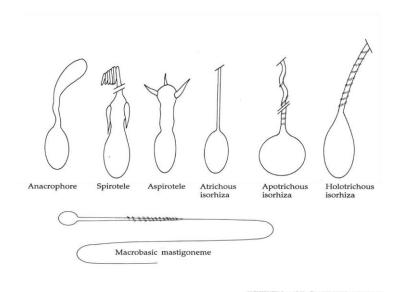
El efecto tóxico de los nematocistos de los cnidarios no es perceptible para los humanos. Sin embargo, para algunas formas marinas poseen nematocistos que provocan una dolorosa sensación de irritación, quemadura y hasta la muerte.

· Espirocistos: Se encuentran en los antozoarios. Tienen una función adhesiva, es decir, no dejan escapar a sus presas.



· *Pticocistos:* Se encuentran en los ceriantarios. Su función se trata de formar los tubos de la especie a la que pertenecen.

A continuación mostraremos algunos de los tipos de cnidos más importantes que se encuentran actualmente entre la biología marina:



Fuente: Documento sobre Cnidarios de la Universidad de Santiago de Compostela.

## **Aclaraciones:**

Pticocistos: Anacrophore.

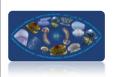
Espirocistos: Spirotele y Aspirotele.

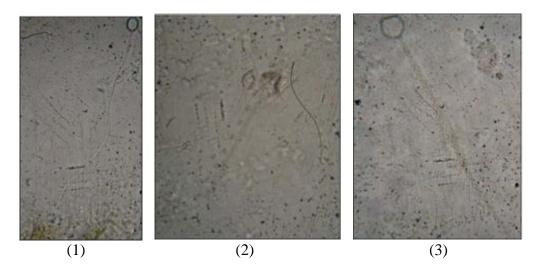
Nematocistos: Atrichous isorhiza, Apotrichous isorhiza, Holotrichous isorhiza y

Macrobasic mastigoneme.

Según las observaciones al microscopio que detallaremos más adelante, descubrimos que los más probable es que el tipo de cnido de *Pelagia Noctiluca* (especie estudiada por nosotros) sea holotrico isorriza.

Aunque según un estudio realizado por J Sánchez-Rodríguez y NL Lucio-Martínez se identificaron tres tipos de nematocistos en *Pelagia Noctiluca*: heterotrico microbásico euritele (1), heterotrico isorriza (2) y holotrico isorriza (3).





**Fuente:** Investigación de J Sánchez-Rodríguez y NL Lucio-Martínez. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México.

## Cnidocitos vistos con microscopio digital

En el seguimiento de posibles varamientos que a diario hemos realizado durante cuatro meses, encontramos algunos ejemplares de *Pelagia noctiluca*. Debido a la manipulación de éstos, la observación de los cnidocitos contraídos sería más complicada, pero se pudo observar los filamentos urticantes que se encuentran en el interior de éstos ya disparados. A continuación se muestran una serie de fotografías tomadas por nosotros con microscopia digital .



Filamento urticante disparado



Dibujo de Filamentos urticante descargado (Fuente imagen: http://es.wikipedia.org/wiki/Nematocisto

(Microscopio digital 1000X)



En la siguiente fotografía se observa la mayor parte de los filamentos de los cnidocitos descargados que se pueden encontrar en una zona mínima del tentáculo, que en nuestro caso serían los que se encuentran alrededor de la umbrela.

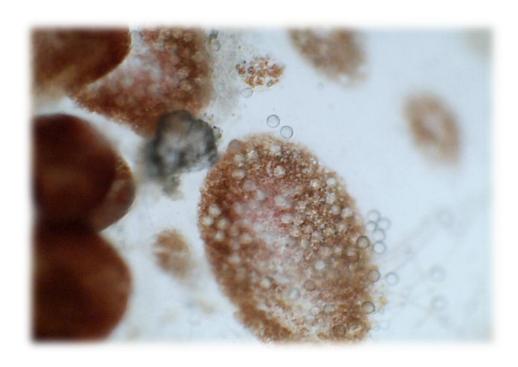


Filamentos de los cnidocitos descargados. Tentáculos de Pelagia.

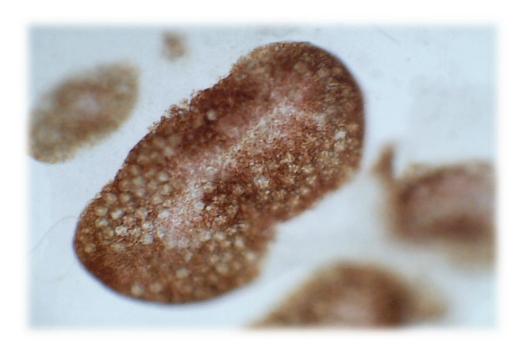
(Microscopio digital 40X)

El varamiento de *Pelagias* el dia 7 de Marzo en la Playa del Rinconcillo nos ha permitido observar los cnidos sin disparar en un ejemplar que hemos mantenido en pecera durante tres días, alimentado con Rotíferos. Obsérvese las imágenes posteriores de dichos cnidos:





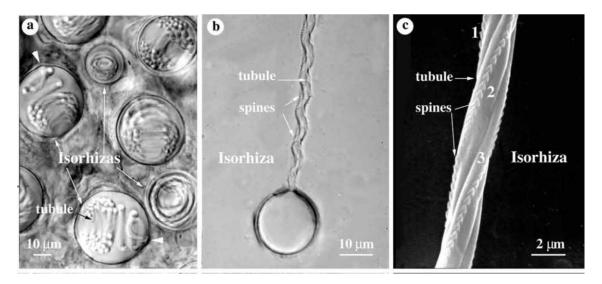
Racimos de cnidos entre las manchas de pigmentos de la superficie de la umbrela de Pelagia Noctiluca. Microscopio digital 40x



Racimos de cnidos en la superficie de la umbrela de Pelagia Noctiluca. Microscopio digital 100x



En esta imagen podemos ver la interpretación de los grupos de cnidos ,en este caso de  $Physalia\ sp$ 



Racimos de cnidos en la superficie de la umbrela de Physalia sp. Microscopia óptica y electrónica

Fuente imagen: A guideline to nematocyst nomenclature and classification, and some notes on the systematic value of nematocysts\* CARINA ÖSTMAN Animal Development and Genetics, Uppsala University, Norbyvägen 18 A, S-752 36 Uppsala, Sweden



## 2.1.2. Tipos de toxinas y estructura química de las mismas

Hemos estado hablando sobre venenos, pero en este momento nos centraremos en las toxinas que los componen, ya que profundizamos en la estructura molecular de algunas de ellas.

Según Mariorrini y Pane (2010), una toxina es una molécula elaborada por un organismo vivo que tiene efectos adversos en algunos procesos vitales; mientras que un veneno es una secreción compleja que se compone de una serie de constituyentes activos, entre los que se encuentran una gran variedad de toxinas y otras moléculas accesorias, responsables del proceso de envenenamiento.

El veneno de las medusas es uno de los más potentes en el reino animal ya que se regenera de forma continua. No todas las medusas tienen el mismo veneno, pero generalmente es un complejo de polipéptidos tóxicos y enzimas de elevado peso molecular (Gili y Nogue, 2006). Son proteínas con un peso molecular entre 14.500 y 320.000 daltons (cadenas largas) que se agregan y separan continuamente (Heissenberg et al, 1989). Son termolábiles e hidrófobas. Los componentes de las toxinas varían en antigenicidad llegando, los más activos, a producir anticuerpos en pocos minutos; ya que una vez que los cnidocitos penetran sobre la piel, la toxina se libera en 20 segundos y se absorbe de forma inmediata.

Las toxinas presentan actividad hemolítica, citotóxica, neurotóxica y enzimática, además de producir daños dermatológicos. La toxicidad del veneno de las medusas puede llegar a tener consecuencias en el ámbito sistémico, en el corazón y sobre la vascularidad pulmonar (Burnet, 1992), además de causar problemas en la permeabilidad de las membranas, alterando el transporte de sodio y calcio. Por lo tanto, las toxinas pueden llegar a fraccionar las membranas celulares, liberar mediadores inflamatorios, y actuar de forma inmediata sobre el tejido miocárdico, nervioso y excepcionalmente sobre el hepático o renal. Cuanto mas rápido pasa el veneno a la sangre, mas rápida es la aparición de los síntomas sistémicos. A veces pueden producirse choques anafiláticos que requieren hospitalización.

Y aunque parezca que el veneno de las medusas solo tiene efectos negativos, algunas sustancias tienen un alto interés farmacológico. Estas sustancias pueden ser empleadas en el tratamiento de enfermedades infecciosas y en patologías que afectan al sistema endocrino, inmunológico, cardiovascular o al sistema nervioso. Algunas sustancias bioactivas son interesantes respecto al papel antitumoral, citotóxico o antiinflamatorio que producen. Más adelante hablaremos de las aplicaciones que podría tener en medicina dichas toxinas.

Entre las toxinas presentes en los venenos de las medusas, se encuentran las siguientes:

1. Según Vera, Lonza, Zegpi, Kolbach, de la Revista Médica de Chile en su artículo de 2004 "Picaduras de medusas, actualización", los venenos contienen: **catecolaminas**, aminas vasoactivas (**histamina**, **serotonina**), **bradicinas**, **colagenasas**, **hialuronidasas**, **proteasas**,



fosfolipasas, fibrinolisinas, dermatoneurotoxinas, cardiotoxinas, miotoxinas y nefrotoxinas.

2. Según Mariottini, Giacco y Pane: "Distribución, ecología, toxicidad y epidemiología de las picaduras de Pelagia noctiluca. Marine Drugs. Review 2008.".

"En el fluído de la cápsula del cnidocisto se encuentra **Ácido Glutámico** en el 80% de las proteínas producidas en dicha cápsula."

3. Según Mariottini y Pane en su revisión sobre el "Veneno de las medusas del Mediterráneo. Marine Drugs. Review. 2010." : En el veneno de algunos cnidarios se han encontrado **prostaglandinas** descubiertas en gorgonias o **palitoxina** y **pseudoterosina** descubiertas en otros animales de este grupo."

## Catecolaminas:

#### Procedencia:

Las catecolaminas son neurotransmisores que se vierten al torrente sanguíneo. La adrenalina, epinefrina, la dopamina, y la noradrenalina, son un tipo de catecolaminas. Las cuales son sintetizadas a partir del aminoácido tirosina.

Ayudan a controlar la frecuencia cardíaca, una excesiva cantidad liberada de catecolaminas a la sangre puede traer consecuencias fatales para la salud.

## Provoca:

- · Presión arterial alta
- · Dolor de cabeza
- · Exceso de sudoración
- · Aumento del ritmo cardíaco (fuertes e irregulares)
- · Inestabilidad

## Estructura química:



## Aminas vasoactivas:

Son sustancias que afectan el sistema vascular originando una contracción de los vasos sanguíneos y, por consiguiente, un aumento de la presión arterial.

Se caracterizan por contener en su estructura un radical amino. Son compuestos orgánicos que son considerados derivados del amoníaco, y resultan de la sustitución de uno o varios de los hidrógenos de esta molécula por otros sustituyentes o radicales.

En este grupo de sustancias hay dos que forman parte del veneno de las medusas:

#### 1. Histamina:

## Procedencia:

Se trata de una molécula biológica la cual es una amina primaria sintetizada en los organismos a partir del aminoácido histidina, que sufre descarboxilación a través de una encima llamada histidina-descarboxilasa.

Su síntesis se produce en el interior del aparato de Golgi. Cuando es sintetizada, es transportada al interior de los orgánulos citoplasmáticos donde queda guardada. La histamina sufre varias transformaciones químicas; pero cuando es liberada en el organismo, sus resultados son muy variados.

#### Provoca:

- · Vasodilatación arterial: Se refiere a una ampliación de las arterias, resultado de la relajación de las células del músculo liso dentro de las paredes de las arterias.
- · Aumento de la permeabilidad vascular: Se caracteriza por el aumento de la capacidad de una pared del vaso sanguíneo para permitir el flujo de moléculas pequeñas o incluso células enteras.
- · Broncoconstricción: Se trata de un estrechamiento de las vías aéreas en los pulmones debido a la contracción del músculo liso de los alrededores.
- · Cambios en la frecuencia cardíaca.
- · Reacciones alérgicas.
- · Aumento de la generación de prostaglandina: Si se aumenta la cantidad de prostaglandina en el organismo, puede producir efectos adversos a las funciones reales que tiene esta sustancia, como puede ser el control de la presión arterial, la contracción de la musculatura lisa o la intervención en la respuesta inflamatoria.

#### Estructura química:

La histamina se puede representar mediante la fórmula química empírica:  $C_5H_9N_3$ , o bien según su estructura:



## 2. Serotonina (5-hidroxitriptamina/5-HT):

## Procedencia:

Se trata de un neurotransmisor que cumple las funciones básicas, es decir, es una sustancia química con la cual se comunican las neuronas. Se genera a partir del triptófano, un aminoácido apolar esencial en la nutrición.

## Provoca:

- · Modula el funcionamiento de otras neuronas.
- · Controla la actividad motora y las funciones cognitivas.
- · Inhibe la producción de ácido clorhídrico en las secreciones gástricas.
- · Constricción de los vasos sanguíneos.
- · Interviene en la mitosis celular, la división de las células.
- · Regeneración del hígado.
- · Producción de diversos tipos de hormonas.

## Estructura química:

La serotonina se puede representar mediante la fórmula química empírica:  $C_{10}H_{12}N_2O$ , o bien según su estructura:

2015



## **Bradicininas:**

## Procedencia:

La bradicina, también conocida como bradiquina farmatológicamente, es un péptido fisiológico, que está formado por aminoácidos. La bradicina causa vasodilatación.

## Provoca:

- · Contracción de los músculos.
- · Aumenta la permeabilidad.
- · Relacionada con el mecanismo del dolor.

## Estructura química:

La secuencia de aminoácidos de la bradiquinina es la siguiente:  $\underline{arg}$  -  $\underline{pro}$  -  $\underline{pro}$  -  $\underline{pro}$  -  $\underline{phe}$  -  $\underline{ser}$  -  $\underline{pro}$  -  $\underline{phe}$  -  $\underline{arg}$ . Su fórmula empírica es por consiguiente  $C_{50}H_{73}N_{15}O_{11}$ .

## Colagenasas:

## Procedencia:

La colagenasa es una enzima, más específicamente una metaloproteinasa de matriz que rompe los enlaces peptídicos de los colágenos. La colagenasa actúa principalmente sobre tejido conectivo en células musculares y en algunas otras partes del cuerpo.

## Provoca:

- · Destruye estructuras celulares.
- · Degrada el colágeno.
- · Actúa sobre el tejido conectivo en las células musculares.

## Estructura química:



## Hialuronidasas:

## Procedencia:

Las hialuronidasas, son un tipo de enzimas cuya función es, como su propio nombre indica, degradar el ácido hialurónico, hidroliza también el ácido hialurónico de la matriz extracelular.

## Provoca:

- · Infarto de miocardio.
- · Degrada la corona radiada durante el proceso de fecundación.

## Estructura química:

## Proteasas (peptidasa)

## Procedencia:

Son enzimas que rompen los enlaces peptídicos de las proteínas mediante una molécula de agua, por lo que se clasifican en hidrolasas. Se encuentran presentes en todos los seres vivos, participan tanto en la hidrólisis de proteínas no deseadas como en la regulación de diferentes procesos fisiológicos.

Estas enzimas se clasifican en específicas de sustrato si son capaces de romper enlaces peptídicos específicos (Proteólisis limitada) dependiendo de los aminoácidos de su proteína blanco, o inespecíficas de sustrato si pueden reducir un péptido completo a aminoácidos (proteólisis ilimitada).

## Funciones:

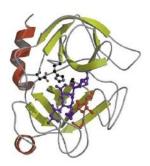
Su función principal es la ayuda en la digestión mediante la degradación de las proteínas, pero también realiza otras funciones en el organismo como:

- · Favorecen el proceso de inflamación.
- · Fortalecen el sistema inmunológico
- · Son usadas para digerir organismos como bacterias u hongos.



## Estructura química:

Una las enzimas de este grupo sería la tripsina, su estructura química sería:



## Fosfolipasas:

## Procedencia:

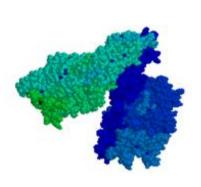
Son enzimas que transforman los fosfolípidos en ácidos grasos y otras sustancias lipolíticas. Se pueden dividir en cuatro clases: A, B, C y D.

## **Funciones:**

- · Inducen cambios en la composición membranal.
- · Activan la cascada inflamatoria, es decir, intervienen en la actividad de los neutrófilos.
- · Alteran las vías de señalización celular.

## Estructura química:

Su estructura química varía según el tipo de fosfolipasa, pero a continuación se muestra la fosfolipasa A2 y la C1, respectivamente:









## Fibrinolisinas:

## Procedencia:

La fibrinolisina es el componente activo del sistema fibrinolítico. Se forma a partir de un precursor inactivo, el plasminógeno, proteína que se sintetiza en el hígado y que por una serie de procesos y de sustancias, o por la acción de la trombina, se activa para dar lugar a fibrinolisina.

## Provoca:

- · Lisis o disolución de la fibrina, que ataca a diversas proteínas incluyendo las proteínas plasmáticas.
- · Actúa limitando la coagulación.
- · Liberación de fibrinolinquinasas de los tejidos en circunstancias como traumatismos, shocks, intervenciones quirúrgicas.

## Cardiotoxina:

## Procedencia:

Estos componentes del veneno (frecuentes también en serpientes) son específicamente tóxicos para el corazón. Se trata de un grupo de polipéptidos básicos. Estas toxinas se unen a sitios específicos en la superficie de las células musculares y causan despolarización, es decir, impide la contracción muscular.

#### Provoca:

- · Disminuye el rendimiento del corazón, haciendo que lata de forma irregular o incluso que deje de latir, causando la muerte.
- · Causa la parálisis, originando un estado de "shock".
- · Actúan a nivel de membrana por lo que esta pierde su permeabilidad.
- · Dilatación del retículo sarcoplásmico.
- · Cambios en las mitocondrias.
- · Desorganización de las miofibrillas.



## Miotoxina:

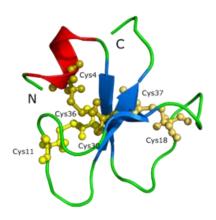
## Procedencia:

Las miotoxinas son pequeños péptidos encontrados en el veneno de determinadas especies. Se trata de un mecanismo no-enzimático, que actúan rápidamente.

## Provoca:

- · Severa necrosis muscular.
- · Parálisis instantánea para evitar que se escape la presa.
- · Parálisis diafragmática que conduce a la muerte.

## Estructura química:



## Nefrotoxina:

## Procedencia:

Una nefrotoxina es toda estructura química que se sitúa en el sistema renal. Son de estructura química muy variada.

## Provoca:

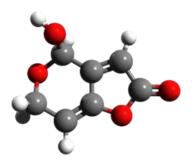
- · Perturbaciones y desequilibrios en los aspectos morfológicos y fisiológicos del sistema renal que conducen a la lesión del órgano.
- · Lesión o disfunción tubular aguda: Se trata de un trastorno renal que involucra daño a las células de los túbulos de los riñones, lo cual puede ocasionar insuficiencia renal aguda (IRA).
- · Lesión de la médula renal.





- · Obstrucción intratubular: La cristalización de oxalatos en la luz tubular, cuando se produce de forma extensa, da lugar al bloqueo de los túbulos de los riñones, con la consiguiente IRA.
- · Nefritis intersticial aguda: Es un trastorno renal en el cual los espacios entre los túbulos renales resultan inflamados. Esto puede causar problemas en el funcionamiento de los riñones.
- · Insuficiente autorregulación circulatoria renal: Los riñones no funcionan normalmente debido a que hay un descontrol en la circulación de la sangre por este órgano.
- · Rabdomiolosis: Descomposición del tejido muscular que ocasiona la liberación de los contenidos de las fibras musculares en la sangre. Estas sustancias son dañinas para el riñón y con frecuencia causan daño renal.
- · Hipoperfusión: Disminución del flujo de sangre que pasa por el sistema renal.

## Estructura química:



## Ácido glutámico (glutamato):

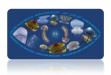
## Procedencia:

Se trata de un aminoácido no esencial, también llamado glutamato (su forma ionizada). Su nombre abreviado es Glu. Químicamente es un aminoácido dicarboxílico, porque en su cadena radical contiene un grupo carboxilo. Se trata de un neurotransmisor excitador (estimulante) más común en el sistema nervioso central, ya que ayuda a su funcionamiento y además, también actúa como estimulante del sistema inmunológico.

#### Provoca:

- · Transporte de energía.
- · Síntesis de proteínas.
- · Ayuda en la producción del ácido clorhídrico.
- · Controla los niveles de amoniaco en el cerebro.

2015



- · Ayuda en la cicatrización de úlceras.
- · Alivia la fatiga, la depresión y la impotencia.
- · Funciona como sistema de transporte de aminoácidos y de nitrógeno desde tejidos periféricos hacia el hígado.
- · Regulación del equilibrio ácido-base del riñón.
- · Precursor en la biosíntesis de las bases purínicas y pirimidínicas.
- · Tiene un papel fundamental en el mantenimiento y crecimiento celular.
- · Precursor para la síntesis de ácidos nucleicos (ADN).
- · Previene la atrofia intestinal e infecciones.
- · Reduce la permeabilidad intestinal.
- · Regula la producción de urea en el hígado.
- · Si se produce un exceso de ácido glutámico en el espacio extracelular, se produciría la enfermedad Esclerosis Lateral Amiotrófica (ELA).

## Toxicidad:

A penas es tóxico, a partir de experimentos, se ha deducido que la dosis letal para un hombre adulto sería de bastante más de 1kg de ácido glutámico ingerido de una sola vez. Sin embrago se encuentra ,como hemos referido anteriormente en el 80% de las proteínas presentes en la cápsula de los cnidocitos.

## Estructura química:

2015

## Prostaglandinas:

## Procedencia:

Son un conjunto de sustancias de carácter lipídico, derivadas de los ácidos grados de 20 carbonos (eicosanoides), que contienen un anillo ciclopentano y constituyen una familia de mediadores celular, con efectos adversos, a menudo contrapuestos.

## Provoca:

- · Afectan y actúan sobre el sistema nervioso, el tejido liso, la sangre y el sistema reproductor.
- · Regulan la presión sanguínea.
- · Regulan la coagulación de la sangre.
- · Regulan la respuesta inflamatoria alérgica.
- · Regulan la actividad del aparato digestivo.

## Estructura química:

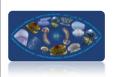
## Palitoxinas:

#### Procedencia:

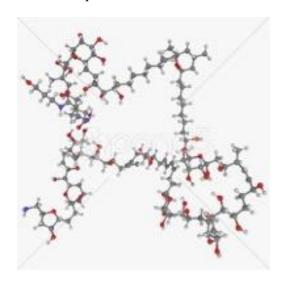
Se trata de las biotoxinas marinas que han sido encontradas principalmente en zoantarios marinos (corales blandos) del género *Palythoa* y dinoflagelados bentónicos del género *Ostreopsis*. Son toxinas no proteicas de efecto vasoconstrictor muy intenso y son de las sustancias más tóxicas conocidas.

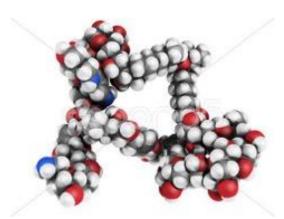
#### Provoca:

· Destruye el gradiente iónico de la célula afectando a la bomba sodio-potasio.



## Estructura química:





## Pseudopterosina:

## Procedencia:

# Estructura química:

19 Pseudopterosina A



## 2.1.3. Efectos de las picaduras en el organismo



Se sabe que la fracción tóxica del líquido contenido en los nematocistos es de naturaleza proteica con efectos neurotóxicos. Las toxinas varían en función de los distintos tipos de nematocistos y dentro de éstos también pueden variar según las especies.

Cuanto más rápido pasa el veneno a la sangre, más rápida es la aparición de los síntomas sistémicos, incluso a veces pueden producirse choques anafilácticos que requieren hospitalización.

La acción tóxica final dependerá de la combinación de sustancias que componen el veneno de cada una de las especies de medusas, y también, de los efectos sobre las personas o animales expuestos, y dependen de una serie de factores:

- · Densidad de células urticantes: Puede variar dependiendo de la parte del cuerpo.
- · Zona del cuerpo de la victima afectada: Si se encuentra mas cerca de la cabeza el veneno pasará antes a la sangre. También dependen del grosor de la piel. Incluso las más problemáticas, son las zonas más sensibles como los ojos.



- · Superficie corporal expuesta: En el caso de los niños, la proporción de superficie afectada puede ser mayor en relación a su volumen y peso corporales y, por tanto, el efecto del veneno manifestarse antes o de forma más generalizada.
- · *Tiempo de contacto con los tentáculos:* Los tentáculos de algunas especies se adhieren al cuerpo pero es más complicado zafarse de ellos si se realizan movimientos bruscos, lo que aumenta el número de cnidocitos inyectando veneno.
- · La cantidad de toxina inyectada: Tiene que ver con los anteriores factores.
- · *Edad, peso y estado de salud* de la persona afectada. También si ha habido exposición previa podría darse una sensibilidad adicional al veneno.
- · Antecedentes problemáticos: Si la persona ha tenido problemas alérgicos, cardiovasculares o asmáticos.
- · Intoxicación cuantitativa de los cnidocitos en la piel: De mayor a menor tienen más riesgos los niños, mujeres y hombres.

#### Manifestaciones más comunes



Las manifestaciones más comunes se deben a la acción tóxica y suelen ser el dolor vívido e inmediato y/o un picor intenso en la zona afectada. Estas reacciones son locales y se acompañan con eritema, edema, petequias y pequeñas vesículas, con posible pustulación y descamación. Más rara es la sintomatología general como náuseas, vómitos y calambres musculares. En los casos más graves se puede producir pérdida de conciencia con el consiguiente riesgo de ahogamiento.

Los casos de muerte se deben a fallos respiratorios o cardiocirculatorios y a ahogamiento por shock neurógeno motivado por el efecto de la picadura de la medusa en personas sensibilizadas.

Aparte de los bañistas del litoral, otras personas que pueden verse afectadas por este tipo de lesiones son los trabajadores del sector pesquero y los submarinistas profesionales o aficionados.





Las células urticantes o cnidocistos, permanecen activas largo tiempo hasta que no evacuan su veneno. Las células se pueden activar por contacto con un objeto extraño, como es el cuerpo humano, o por cambios bruscos de temperatura o densidad (por ejemplo, en agua salobre o dulce). Aunque el veneno que contienen los cnidocistos es uno de los más potentes de los conocidos en la naturaleza, muy pocas picadas de medusas tienen consecuencias fatales para el hombre. Desde un punto de vista técnico, la mayor parte de las medusas tienen un componente común del tipo citolisina pero, que está acompañado de otros componentes que lo hace diferente para cada especie. Toda la potencia de la picadura se consigue gracias a la actuación conjunta de los distintos componentes del veneno.

#### 2.1.4. Tratamientos y precauciones

#### ¿Cómo actuar?

- · Salir del agua.
- · No rascarse ni frotar la zona afectada.
- · No utilizar toallas o arena para limpiar la herida.
- · No utilizar amoníaco, soluciones de vinagre(a veces puede funcionar...) o alcohol.
- · Si quedan adheridos a la piel restos de tentáculos, será necesario retirarlos utilizando pinzas, guantes o el borde de una tarjeta de crédito para evitar el contacto con los mismos.
- · Lavar la herida con agua de mar. No utilizar nunca agua dulce (por tanto, no hay que ducharse con agua corriente), ya que el cambio osmótico activaría los cnidocitos que pudiesen quedar en la piel, lo que aumentaría la cantidad de veneno inoculada.
- · Colocar frío sobre la zona afectada durante 10-15 minutos. Para ello se utilizan bolsas de hielo bien cerradas para evitar el contacto de la herida con el agua dulce. Nunca se





debe colocar el hielo directamente sobre la piel. Si el picor no disminuye, se puede repetir esta operación en periodos de 10-15 minutos con intervalos de descanso de 5 minutos.

· Para evitar la infección de la herida se aconseja la aplicación sobre la piel de un antiséptico (por ejemplo; alcohol yodado), 3 veces al día durante las siguientes 48 horas. Se puede mantener el tratamiento hasta que cicatrice la herida.

#### Atención

Las personas que han sido picadas una vez, están sensibilizadas y una segunda picadura puede producir una reacción más severa.

#### Ayuda

Se intentaría identificar la especie de medusa que ha ocasionado la picadura porque si la identificación es satisfactoria los siguientes tratamientos médicos pueden aplicarse para desactivar los cnidocistos:

- · *Pelagia noctiluca:* Una solución saturada de sulfato de magnesio en una solución de cloruro sódico en la proporción 3,5gr/100mL.
- · Chrysaora hysoscella: Una solución acuosa concentrada 1:1 de bicarbonato sódico.
- · RhizostomapPulmo y Cotylorhiza tuberculata: Una solución saturada de sulfato magnésico en una solución de cloruro sódico en la proporción 3,5gr/100mL o una solución acuosa concentrada 1:1 de bicarbonato sódico.
- · Physalia physalis · No aplicar vinagre

#### Tener en cuenta

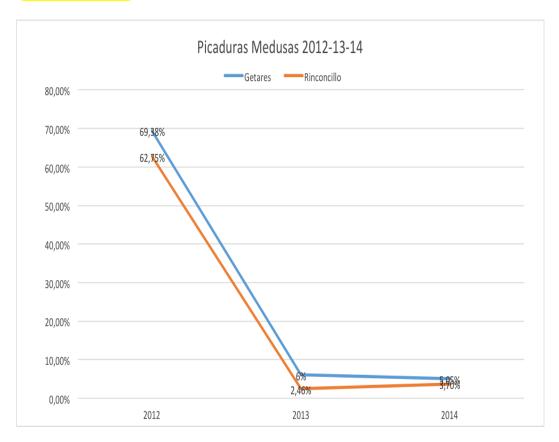
El mejor remedio cuando se observan medusas, u organismos similares, cerca de la playa, es evitar el baño y procurar no tumbarse en la arena cercana al rompiente de las olas. Aunque las medusas pueden evitarse nadando, hay que pensar que el agua está llena de pequeños trozos de tentáculos desprendidos de las medusas, que son tan dañinos como las medusas y son prácticamente imposibles de ver a simple vista



## 2.1.5. Datos estadísticos en Algeciras (2012-2014)

Los datos estadísticos de picaduras en Algeciras son los siguientes:

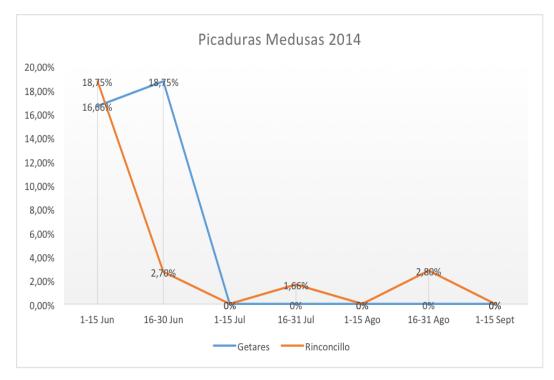
<b>PICADURAS</b>	MEDUSAS	3 AÑOS
	Getares	Rinconcillo
2012	69,38%	62,75%
2013	6%	2,46%
2014	5,05%	3,70%





## PICADURAS MEDUSAS 2014

Días	Quincena	Getares	Rinconcillo
1-15 Jun	1	16,66%	18,75%
16-30 Jun	2	18,75%	2,70%
1-15 Jul	3	0%	0%
16-31 Jul	4	0%	1,66%
1-15 Ago	5	0%	0%
16-31 Ago	6	0%	2,80%
1-15 Sept	7	0%	0%



Los datos anteriores han sido suministrados por el Servicio de playas del Ayuntamiento de Algeciras. A la vista de los mismos podemos concluir lo siguiente:



- 1) En el año 2012 el número de personas atendidas por picaduras de medusas ha sido muy alto tanto en la Playa del Rinconcillo, como en la de Getares ya que de todas los casos de atención sanitaria, casi un 70 % en Getares y casi un 63% en Rinconcillo, lo fueron por la causa antes mencionada.
- 2) Tanto en 2013 como en 2014 disminuye en gran medida los casos de personas atendidas por picaduras de medusas.
- 3) Son mayores los porcentajes de picaduras en la playa de Getares. Esta playa está sometida en mayor medida a las corrientes del Estrecho y es una playa abierta, por lo que podemos pensar que es más fácil que las medusas lleguen a esta playa o que las condiciones existentes ese año favorecieran dicha llegada.
- 4) En 2014 aunque disminuye el número de casos atendidos, los que hay se producen en Junio. No se percibe aquí lo comentado anteriormente siendo en este caso el Rinconcillo el que atiende mayor cantidad de bañistas.
- 5) Aunque no se refleja en las gráficas nos consta que *Pelagia Noctiluca* ha sido la medusa más frecuente en nuestras playas.







Pelagia Noctiluca recogida en un cubo de playa por uno de los alumnos durante el verano de 2014.

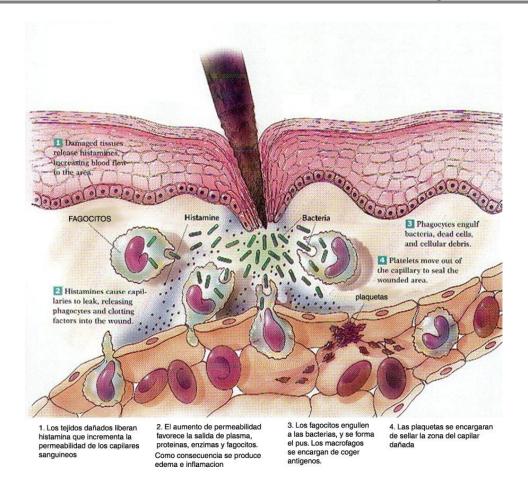
## 2.2. Mecanismo de acción de la respuesta inflamatoria

Podemos definir respuesta inflamatoria como el mecanismo mediante el cual nuestro organismo reconoce bacterias, virus y sustancias que parecen perjudiciales para él y emprende su lucha particular contra ellas.

Podemos poner como ejemplo el caso de una picadura de medusa; ésta no ataca por placer, sino debido a que presentan unas células urticantes que contienen en su interior el veneno, que solo suelta para cazar o defenderse de algún peligro.

Por lo general estas picaduras no suelen ser graves (teniendo como síntomas ardor, dolor, enrojecimiento, inflamación y sangrado leve), pero activan el mecanismo de defensa de nuestro cuerpo.





#### 2.2.1. Fases de la inflamación

De forma esquemática podemos dividir la respuesta inflamatoria en cinco etapas:

#### 1.- Liberación de mediadores:

Son moléculas, la mayor parte de ellas, de estructura elemental que son liberadas por el mastocito a causa de la actuación de determinados estímulos. La liberación de mediadores ocurre por distintas causas, pero quizás la más frecuente sea la lesión directa de la célula por un agente agresivo. Cuando la inflamación progresa y se acumulan en el foco suficientes factores, estos inducen la activación del mastocito y la consiguiente liberación de mediadores.



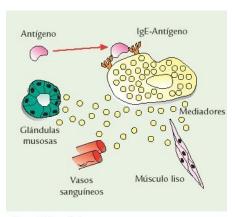


Figura 2. Fase efectora

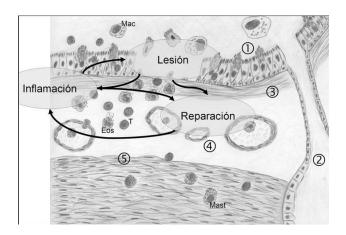
## 2.- Efecto de los mediadores:

Una vez liberadas, estas moléculas producen alteraciones vasculares que favorecen la llegada de células inmunes al lugar de la inflamación. Todas las sustancias liberadas en la primera fase del proceso de inflamación atraen por quimiotaxis a los macrófagos, neutrófilos, basófilos y eosinófilos hasta esa zona. El paso de las células desde los vasos sanguíneos hasta la zona lesionada se realiza por diapédesis, es decir, las células atraídas se pegan al endotelio de los capilares y emiten pseudópodos, moviéndose hacia la zona afectada.

## 3.- Llegada de moléculas y células inmunes al foco inflamatorio:

Proceden en su mayor parte de la sangre, pero también de las zonas cercanas al lugar de la inflamación. Cuando los macrófagos y neutrófilos llegan a la zona fagocitan los agentes patógenos. La fagocitosis viene facilitada por el proceso de opsonización realizado por el sistema del complemento (Que es uno de los componentes fundamentales de la respuesta inflamatoria; Consta de un conjunto de moléculas plasmáticas implicadas en distintas cascadas bioquímicas, cuyas funciones son potenciar la respuesta inflamatoria y facilitar la fagocitosis.) Al estimular los macrófagos estos producen citosinas como la interleuquina-1 o la interleuquina-6 y el factor de la necrosis tumoral. Todas ellas ayudan con la síntesis de proteínas al actuar en el hígado, además de provocar fiebre.





#### 4.- Regulación del proceso inflamatorio:

El fenómeno inflamatorio integra una serie de mecanismos inhibidores que tienden a finalizar o equilibrar el proceso. Por un lado se produce un aumento en las defensas, para acelerar y aumentar la eficacia de las defensas, pero por otro lado también produce un daño tisular; a causa de la muerte de células que forman trombos taponando los vasos de la sangre, todo esto reduce la respuesta inflamatoria.

## 5.- Reparación:

Determinar la reparación total o parcial de los tejidos dañados por el agresor o por la propia respuesta inflamatoria. Cuando las causas de la agresión han desaparecido o han sido eliminadas por la propia respuesta inflamatoria, se inician los procesos de reparación. Estos procesos son la llegada a la zona de fibroblastos que van a reproducir y fabricar colágeno, reproducción de células de la piel y proliferación de vasos dentro de la herida.

## 2.3. Utilización de las medusas en alimentación, cosmética, abonos, medicina y biotecnología (fluorescencia)

Aunque la utilidad más clara sería su uso como abono, también se han detectado especies comestibles y con una alta concentración de colágeno, por lo que podrían aplicarse en cosmética.

En los últimos años se ha disparado el número de medusas, según el último estudio publicado por la Comisión General de Pesca para el Mediterráneo, entidad que pertenece a la Organización de la ONU para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Es por ello, que se están empezando a investigar la forma de sacar un beneficio de dicho aumento.



#### 2.3.1. Alimentación

Aunque en los países del Mediterráneo veamos a las medusas como una plaga que simplemente entorpecen los baños y los paseos en la playa, las medusas (al menos, algunas especies) son consideradas un manjar por la cocina oriental, en países como: China, Japón, Corea, Tailandia, India, Indonesia y Malasia.

Para luchar contra esta invasión de medusas en las costas del Mediterráneo, la FAO ha lanzado en un eslogan: "Si no puedes luchar contra ellas, cómetelas". La organización internacional propone el desarrollo de alimentos que contengan estos seres marinos en su composición, como se hace en algunos países asiáticos. En China, país que lidera el consumo de medusas, consideradas una 'delicatessen', se consumen desde hace más de 1.700 años.

Una de las primeras cocineras que utilizó este producto, fue Carme Ruscalleda. Ella descubrió las medusas en 2003 en un restaurante chino en Tokio, y explicaba: "Nos sirvieron un producto casi transparente, pero crujiente, y nos interesamos por saber qué era, ya que no lo reconocíamos. Me sorprendieron la textura, el sabor y las propiedades saludables que contienen."

Esta chef se empezó a plantear el uso de las medusas en alimentación en España a partir de la plaga que invadió la costa mediterránea en 2007 y 2008.

#### Medusa Huevo Frito

Para la utilización de las medusas, siguieron una serie de pasos, especialmente con un tipo de medusa: '*Cotylorhyza tuberculata*', popularmente conocida como Huevo Frito. La cubrieron con sal gruesa mientras estaba viva y la dejaron reposar durante doce horas a más de 3°C para que el animal muriera y se redujera.

Les quedó una textura gelatinosa, como una especie de flan, que le es propia a las medusas. Estaba más firme debido al proceso que siguieron, y así las pudieron limpiar y cortar más fácilmente. Finalmente las desalaron y cataron.

La chef Carme Ruscalleda la definió como: "Un sabor parecido a una ostra o un percebe y con una textura similar a la de un calamar crudo."

Se utiliza este tipo de medusa porque apenas tiene un contenido tóxico. Ya que si tuviese un contenido tóxico más elevado, el coste del tratamiento para poder consumirlo se elevaría.

#### Calidades gustativas y saludables





La medusa está compuesta por un 95% agua y un 5% proteínas, por lo que no le hace falta cocción. La textura gelatinosa puede ser crujiente al salarla; mientras que si se cocina no podrías comerla.

Se come sólo la umbrela (la cabeza), que se sirve en varias maceraciones y salsas, dependiendo de la zona. Algo muy conveniente, porque son casi insípidas, es decir, no tienen demasiado sabor.

Las medusas tienen casi nula la presencia de lípidos, carbohidratos y colesterol, por ello se podría pensar que sería un buen alimento en nuestra dieta.

#### Advertencia

Debido a unos criterios de seguridad alimentaria planteados, las medusas del Mediterráneo no son aptas para el consumo. Por ello, un experto del CSIC recuerda que no se recomienda el consumo propio al cogerlas directamente de las playas cualquier bañista. "Hay que aplicarles una serie de tratamientos para no tener un problema toxicológico: una medusa fresca te puede enviar inmediatamente al hospital", advierte.

#### Consumo de medusas

Las medusas se importan directamente de Asia, y actualmente en España hay tres restaurantes que tienen en sus cartas algún plato con este ingrediente tan diferente a los típicos españoles. Como son:

- · <u>Carme Ruscalleda:</u> Restaurante Sant Pau (Sant Pol de Mar).
- · Fernando Limón: Restaurante La Sopa Boba (Alpedrete, Madrid).
- · Grupo de cocineros: Restaurante Dos Palillos (Barcelona).

#### Ideas comestibles

## Ensalada de medusa (Sunomono de kurage)

#### *Ingredientes:*

· Una medusa.

#### Para la vinagreta:

- · 125cl. Salsa de soja (Uzukuchi)
- · 125 cl. Vinagre de arroz (shiraguiku)
- · 125 cl. Licor de Sake dulce (mirín)
- · 10 gr. Condimento a base de bonito seco (hondashi)
- · 25 gr. de azúcar
- · 500 cl. de agua



#### Elaboración:

- 1. Metemos la medusa en agua durante media hora aproximadamente, la lavamos bien con la intención de desalarla.
- 2. La escaldamos en agua hirviendo 30 segundos.
- **3.** La sacamos a un cuenco con agua y hielo.
- **4.** Sacamos y escurrimos, la cortamos en juliana.
- **5.** Ligamos todos los ingredientes para hacer la vinagreta.
- 6. Metemos las tiras de medusa en la vinagreta con la intención de que coja sabor.
- 7. Se le puede añadir algas de Wakame y pepino cortado muy fino.



#### 2.3.2. Cosméticos

Las medusas poseen un alto contenido en colágeno, una proteína básica para la fabricación de cosméticos, la cual es muy utilizada por ser la responsable de darle firmeza y elasticidad a la piel.

Hasta el momento, el colágeno se había obtenido en su mayor parte de subproductos de la carne. Pero como podían transmitir enfermedades como la encefalopatía espongiforme o enfermedad de las vacas locas, los científicos quisieron buscar otro tipo de fuentes. En concreto, las fuentes de origen marino, ya que no presentan riesgo de transmitir enfermedades.





Las tres especies de medusas más abundantes en las costas andaluzas serían adecuadas para la extracción de colágeno, pero deberían haber suficientes y ser previsibles este número de medusas.

#### **2.3.3. Abonos**

La aplicación de la biomasa de medusas a la fabricación de abonos para agricultura es la que más posibilidades tiene hoy en día, es decir, es la utilidad más favorable. Aunque hay cierto tipo de especies que debido a su composición, podrían usarse como materia prima para producir este compuesto, las medusas son: *Pelagia noctiluca*, *Cotylorhiza tuberculata* y *Rhizostoma pulmo*.

Las medusas se colocan al natural sobre la tierra y su descomposición la enriquece, ya que su veneno contiene un alto contenido en nitrógeno que luego se transforma en nitrato. El nitrato es, por tanto, un alimento esencial para las plantas, es decir, uno de los macronutrientes más importantes en la nutrición vegetal.

Un estudio de viabilidad desarrollado en 2008 por la empresa biotecnológica gaditana Bionaturis, la Universidad de Málaga y el Instituto Español de Oceanografía, apunta a esta aplicación como la más viable para el aprovechamiento comercial de esos animales. El proyecto, cuyo presupuesto ha ascendido a 48.000 euros, ha contado con el respaldo financiero de la Corporación Tecnológica de Andalucía (CTA), que ha aportado 16.800 (el 35% del total).

Víctor Infante, gerente y fundador de Bionaturis, explica que ya en Japón se ha intentado utilizar las medusas para fertilizar campos de forma puntual, aunque sin éxito comercial. "El alto nivel de sal de estos animales les obliga a desalinizarlos antes de usarlos en agricultura, lo que hace que las cuentas no salgan".

"Sin embargo, los campos del levante almeriense sí permiten el uso directo de las medusas sin tratarlas previamente.". Infante precisa que esta aplicación depende del tipo de suelo y de cultivo, y Almería ofrece condiciones óptimas en ambos parámetros.

Abonar con medusas es el uso con más posibilidades de éxito citado por el estudio, porque el volumen de este animal que puede recogerse anualmente en las costas andaluzas no es suficiente para abastecer a otras actividades industriales de carácter estable. "Ésta ha sido la primera conclusión importante de nuestro trabajo", añade Infante. El informe cifra en 16 toneladas el volumen recogido, especialmente en las costas mediterráneas, en 2007, frente a las 70 toneladas mínimas para plantearse





otros usos. El viento es el elemento clave que empuja a las medusas a tierra, según el documento.

#### 2.3.4. Medicina

Antes se ha comentado el papel de las toxinas de cnidarios, las cuales han sido fraccionadas mediante distintas técnicas cromatografías (técnicas de exclusión, de intercambio de iones o por tamaño molecular) para poder encontrar componentes bioactivos de interés farmacológico.

Aunque luego más adelante en este mismo documento se comentará el estudio que se ha llevado en las especies mediterráneas en este campo, algunas de las toxinas de interés médico serían las siguientes:

- · <u>Prostanoides</u>: Descubiertos en *Clavularia viridis*, los cuales muestran capacidad para inhibir el crecimiento de células leucémicas HL-60.
- · <u>Equinatoxina</u>: Descubierto en *Actinia Equina*, los cuales muestran cierta actividad antitumoral en células cultivadas.

En un primer estudio cromatográfico sobre especies mediterráneas, las dos principales fracciones obtenidas se usaron en un test de actividad analgésica en dosis bajas y se observó la inhibición de la actividad butyrilcolinesterasa. Esto permite relacionar el veneno con sus efectos neurotóxicos.

En un segundo estudio se aislaron cuatro fracciones del veneno, la primera y la tercera fracción fueron citotóxicas para células de glioblastoma mientras que la fracción segunda y cuarta no lo fueron. El efecto en la proliferación celular fue probado con una concentración de proteínas de  $10~\mu g$  por ml, lo que corresponde al 5% de veneno crudo que induce a disminuir la viabilidad celular en un 50%. La primera de las dos fracciones tiene un importante efecto en la proliferación celular, la tercera tiene un efecto mínimo y la última no tiene efecto.

En los últimos estudios sobre estas especies, se ha fraccionado el veneno en atención al peso molecular midiéndose la actividad hemolítica de dichas fracciones. Cuatro de las siete fracciones presentaron actividad hemolítica en eritrocitos de ratón. La primera fracción (Ccap55 FT) fue la mas potente; esta contenía las proteínas de mayor peso molecular.



#### Actividad citotóxica

	$EC_{50} (\mu g \ mL^{-1})$	Actividad neurotóxica (%)
Ccap14 FT	10.1	20.5
Ccap55 FT	4.5	36.5
Ccap14 MT	3.9	20.9
Ccap55 MT	8.0	6.9

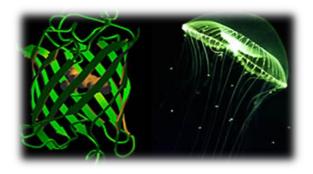
En un estudio sobre el veneno en crudo de *Pelagia noctiluca*, se observó citotoxicidad en distinta líneas celulares de neuroblastoma, cáncer de cólon y glioblastoma. En este estudio se demuestra el estrés oxidativo y la inducción a la apoptosis celular, que favorecen las toxinas de esta especie.

Con todos los descubrimientos que se han citado, pueden llevarse a cabo el desarrollo de nuevas drogas para el control de enfermedades, algunas de ellas tan importantes por su alta mortalidad, como el cáncer.

También se ha descubierto que algunas proteínas de las medusas tienen un gran parecido a las del cuerpo humano. Gracias a este descubrimiento se está planteando utilizarlas para elaborar jugos gástricos, saliva o incluso, lágrimas artificiales.

#### 2.3.5. Fluorescencia: Acuorina y GFP, medusas que brillan.

La medusa *Aequorea victoria* tiene una proteína verde fluorescente (GFP) en su interior. Esta proteína se encuentra en su anillo marginal de bioluminiscencia verde que solo aparece si se dan una serie de condiciones para ello.



Medusa Aequorea Victoria y la proteína GFP



A principios de 1960 **Osamu Shimomura** descubrió la acuorina, que se trata de la proteína de la medusa que brilla en presencia de calcio. Esta proteína es capaz de emitir una luz azul; pero como observamos, la medusa brilla en verde. ¿Cuál es el motivo? Shimomura explicó: "La GFP absorbe la emisión de la acuorina, ocurre una reacción y, como resultado final, el brillo es verde."

Saben que la GFP brilla por la presencia de un fluoróforo, es decir, una molécula o parte de ella que irradia fluorescencia al ser expuesta a la luz. En esta medusa, hace falta un fluoróforo de tres aminoácidos para que se produzca la transformación bioluminiscente. El problema llegó cuando se supuso que se necesitaba enzimas para su plegamiento, y éstas se encontraban en la *Aequorea Victoria*.

En 1992 Douglas Prasher pensaba que al introducir la GFP en otro organismo se produciría una versión no fluorescente, es decir, no emitiría una luz verde. Pero Chalfie y su equipo, dispuestos a desmentir lo planteado anteriormente, unieron el gen de GFP a otro bacteriano; en el cual la bacteria que transformaron emitía una fluorescencia verde.

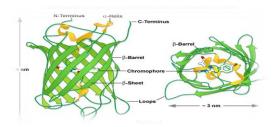
Por tanto, descubrieron que la GFP no necesitaba de enzimas específicas para que tuviera su plegamiento "brillante"; todo el proceso se producía espontáneamente y de manera natural. Específicamente, Roger Tsien confirmó que esta reacción química del fluoróforo para el brillo solo necesitaba oxígeno, elemento que se puede encontrar en la mayor parte de las células vivas.

Al conocerse la formación del fluoróforo de la GFP, Tsien quiso manipularlo. Intercambió aminoácidos diferentes en distintas partes de la cadena, obteniendo nuevas versiones de GFP que eran aún más brillantes, además se emitían en colores distintos: cian, azul y amarillo.

**Shimomura**, **Chalfie** y **Tsien** recibieron el Nobel "por el descubrimiento y desarrollo de la GFP", de la que actualmente se disponen un abanico multicolor.

#### Estructura química de la GFP

Se trata de una proteína monomérica compuesta por 238 aminoácidos organizados en 11 formaciones beta antiparalelas que dan lugar a un barril geométrico beta.





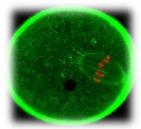
Pero lo interesante de esta estructura se da en el centro del barril, en el que se encuentra la p-hydroxybenzylidene-imidazolidinone (en inglés), es decir, una hélice alfa, basada en el fluoróforo que está formado por una ciclación autocatalítica postransicional de los residuos Ser-65, Tyr-66 y Gly-67. Estos tres aminoácidos consecutivos hace que cuando la GFP sea iluminada con luz ultravioleta, produzca una brillante fluorescencia verde.

MSE SER LYS GLY GLU GLU LEU PHE THR GLY VAL VAL PRO ILE LEU VAL GLU LEU ASP GLY ASP VAL ASN GLY HIS LYS PHE SER VAL SER GLY GLU GLY GLU GLY ASP ALA THR TYR GLY LYS LEU THR LEU LYS PHE ILE CYS THR THR GLY LYS LEU PRO VAL PRO TRP PRO THR LEU VAL THR THR PHE SER TYR GLY VAL GLN CYS PHE SER ARG TYR PRO ASP HIS MSE LYS ARG HIS ASP PHE PHE LYS SER ALA MSE PRO GLU GLY TYR VAL GLN GLU ARG THR ILE PHE PHE LYS ASP ASP GLY ASN TYR LYS THR ARG ALA GLU VAL LYS PHE GLU GLY ASP THR LEU VAL ASN ARG ILE GLU LEU LYS GLY ILE ASP PHE LYS GLU ASP GLY ASN ILE LEU GLY HIS LYS LEU GLU TYR ASN TYR ASN SER HIS ASN VAL TYR ILE MSE ALA ASP LYS GLN LYS ASN GLY ILE LYS VAL ASN PHE LYS ILE ARG HIS ASN ILE GLU ASP GLY SER VAL GLN LEU ALA ASP HIS TYR GLN GLN ASN THR PRO ILE GLY ASP GLY PRO VAL LEU LEU PRO ASP ASN HIS TYR LEU SER THR GLN SER ALA LEU SER LYS ASP PRO ASN GLU LYS ARG ASP HIS MSE VAL LEU LEU GLU PHE VAL THR ALA ALA GLY ILE THR HIS GLY MSE ASP GLU LEU TYR LYS

TABLA 1. Secuencia aminoacídica de la GFP nativa. Los aminoácidos subrayados son los que conforman el cromóforo. Tomado de Prasher et al., 1992 <u>Utilidades</u>

## 1.- Seguimiento de genes o células

Se propone unir el gen de la GFP, tratándolo como un marcador genético, a otro gen específico. De esta manera se podría estudiar la expresión de este último. La razón es debido a que la proteína resultante llevará en su estructura la GFP brillante, indicando este patrón de expresión en el gen de interés. Pero para poder detectar la luz verde, se deberá iluminar con una luz ultravioleta; ya que es el único modo de que la proteína reaccione y que emane la luz verde.



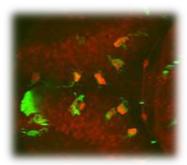
Ovocitos de ratón en división. GFP se usa para marcaje de citoesqueleto celular en verde y, cromosomas, en rojo. Imagen cortesía de Jan Ellenberg / EMBL



#### 2.- Identificación de fagocitosis en microglías

Peri y col. estudian las microglías, unas células que tienen como función eliminar a las neuronas dañadas mediante un proceso llamado fagocitosis. Al usar GFP se codificarían los tipos de células con colores diferentes, es decir, las microglías estarían en verde y las neuronas, en rojo.

De esta manera, si al observarlo al microscopio vemos una célula roja (neurona) dentro de una verde (microglía), se confirmaría la fagocitosis. Gracias a la GFP, se consigue averiguar que las microglías evitan el progreso del daño al resto del tejido cerebral.



Microglías (verde) fagocitando a neuronas (rojos).

#### 3.- Mapear procesos en seres vivos

Marcus Heisler y col. se centraron en utilizar la GFP, así como sus variantes, en plantas. Estudiaron una hormona vegetal, la auxina; que gracias a la proteína fluorescente de la *Aequorea Victoria* se consiguió obtener el recorrido que hace esta hormona desde el medio interno de la célula hasta el externo.

Siguieron a la hormona y descubrieron que sale de la célula por un "carrier" que se encuentra en la membrana. Dicho "carrier" se mueve por la periferia celular y cambia la dirección en la que la hormona es liberada.

Heisler dijo: "La GFP mapea el proceso en plantas vivas, y además en resolución 3D."

#### 4.- Demostración de transferencia de energía

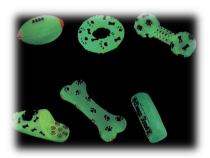
Gracias a la disponibilidad de GFP en diferentes colores, los científicos aplican el fenómeno físico de la transferencia de energía entre fluorocromos, lo que se conoce como 'FRET' (Fluorescence Resonance Energy Transfer / Transferencia de energía de resonancia fluorescente).



Este fenómeno mecánico cuántico es producido por el acercamiento de dos moléculas fluorescentes de distintos colores, como pueden ser rojo y verde. Si la verde recibe luz ultravioleta la absorbe y transfiere parte de la energía a la molécula roja, la cual luego emitirá luz roja. Es decir, si tienes una proteína marcada con GFP y otra con RFP, éstas interactuarán entre sí, de manera que el rojo será más brillante y el verde, más tenue.

#### 5.- Juguetes que brillan en la oscuridad

Actualmente los niños solo quieren juguetes que llamen la atención y no hay nada mejor que uno que brille en la oscuridad, algo diferente para todos. Estos juguetes se han creado al introducirle la proteína de la GFP para que se active al no tener ningún foco de luz.



Distintos tipos de juguetes fluorescentes.

## 6.- Animales fluorescentes

Un grupo de investigadores han estado 4 años para que nacieran los primeros borregos transgénicos que además, brillan en la oscuridad; esto se ha dado en Sudamérica.

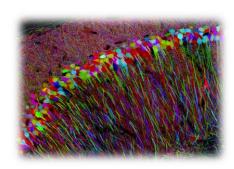
El Instituto de Reproducción Animal Uruguay (Irauy) es el lugar donde se están desarrollando 9 ovejas, a las cuales se les introdujeron el gen que produce la GFP durante la fase embrionaria; de esta manera serían capaces de identificar al animal si es transgénico o no debido a la luminiscencia de la piel.

El objetivo principal de la investigación era conocer las posibilidades que habría frente a investigaciones futuras. "Ahora, con la técnica en nuestras manos, podemos trabajar con otros genes de mayor interés", explicaba un investigador.





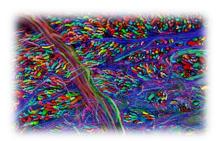
#### 7.- Arcoiris cerebral o 'brainbow'



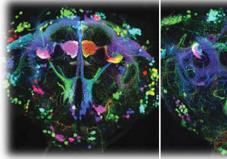
En 2007, en la Universidad de Harvard se desarrolló un mapa, el cual representaba el sistema nervioso, así como las neuronas y otras células cerebrales mediante la combinación de proteínas fluorescentes de colores distintos. Esto permitió analizar el sistema nervioso de cualquier ser vivo y clasificar los procesos que se llevan a cabo en el cerebro, específicamente en las neuronas.

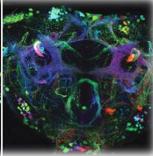
Un ejemplo de esta investigación fue la utilización de algunos ratones, los cuales modificaron genéticamente. Por ello eran capaces de producir determinadas cantidades de proteínas con colores amarillo, cian y rojo, en células nerviosas individuales del cerebro. El resultado fue un cerebro que brillaba en hasta noventa tonalidades diferentes. Gracias a esto los investigadores consiguieron seguir las fibras nerviosas de células individuales entre una densa red de células que se encuentra en el cerebro.

Estas imágenes conseguidas al mezclar distintos colores se llamaron 'brainbow', arcoiris cerebral. Uno de los autores de esta investigación, Lichtman, explicó que la técnica se servía de estas proteínas para representar las neuronas de la misma forma que una televisión mezcla rojo, verde y azul para representar una gran gama de colores.



Se utilizó la técnica Cre-lox P, la cual consiste en cortar y pegar de manera aleatoria trozos de ADN, en el gen Thy1, responsable de la producción de una gran variedad de neuronas. En nuestro caso el ADN serían las cuatro proteínas fluorescentes de los colores nombrados con anterioridad, generando una gran cantidad de combinaciones.







#### 8.- Helado brillante

Charlie Francis, fundador de la firma 'Lick me I'm delicious', ha creado un alimento que podría causar gracia, el primer helado fluorescente.

Para poder conseguir este helado, pidió a un grupo de científicos de China que si podían sintetizar y producir la proteína GFP que fuese capaz de activarse al pasar la lengua por el helado. Esto se produciría al haber una diferencia de pH entre la boca y el helado; cuando se lo fueran a comer, se le daría el característico tono verde brillante.



Helado brillante y su creador, Charlie Francis.

## 9.- Plantas brillantes para iluminar calles

Existe un proyecto llamado Glowing Plant, el cual desarrolla plantas transgénicas fluorescentes. Tiene como objetivo que algún día se pueda sustituir el alumbrado público tradicional por estas plantas que brillan.

## 10.- Esperma

Unos científicos de la universidad de California con Aydogan Ozcan, querían estudiar la reproducción, por lo que alteraron genéticamente a algunas moscas de la fruta para que los espermatozoides brillaran de un color verde. Gracias a esto consiguieron seguirlos en su carrera hacia el óvulo y estudiar su comportamiento.

#### 11.- Medicina

Podemos ver procesos previamente invisibles, como el desarrollo de neuronas, la diseminación de las células cancerosas, el desarrollo de la enfermedad de Alzheimer, el crecimiento de bacterias patogénicas, la proliferación del virus del SIDA y muchos más.

#### Ventajas del uso experimental de la GFP

La GFP es una herramienta experimental, capaz de reducir el efecto perjudicial de marcadores fluorescentes químicos que existían hasta entonces. Un fluoróforo, después



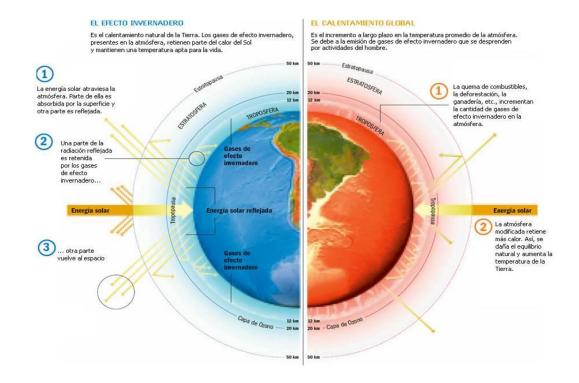
de un tiempo expuesto a luz, libera un electrón. Los electrones liberados reaccionan con el oxígeno, originando radicales (compuestos derivados del oxígeno) tóxicos que dañarían la célula e, incluso, llegarían a causar su muerte.

La estructura de la GFP evita este proceso: cuando el fluoróforo libera un electrón, los radicales resultantes quedan dentro de la GFP sin tocar la célula, por lo que no la daña.

## 3. Medusas y Cambio Climático

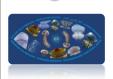
## 3.1. ¿Qué es el Cambio Climático?

Es un cambio significativo y duradero de los patrones locales o globales del clima, las causas pueden ser naturales, como por ejemplo, variaciones en la energía que se recibe del Sol, erupciones volcánicas, circulación oceánica, procesos biológicos y otros, o puede ser causada por influencia antrópica (por las actividades humanas), como por ejemplo, a través de la emisión de CO2 y otros gases que atrapan calor, o alteración del uso de grandes extensiones de suelos que causan, finalmente, un calentamiento global.



## Fuente imagen:

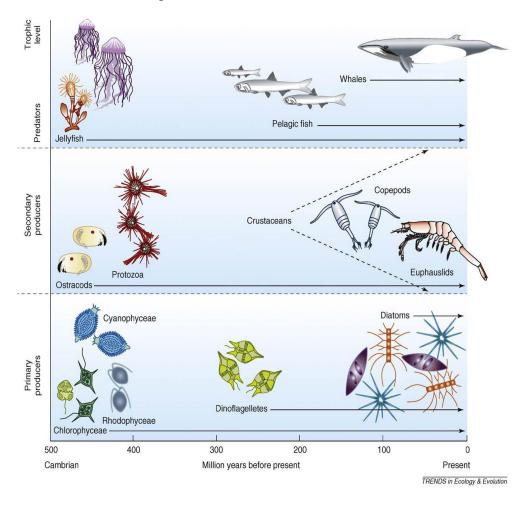
 $\frac{http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/PublishingImages/MaruDesarrollo/Cambio}{Climatico.jpg}$ 



# 3.2. Proliferación de medusas, blooms y outbreaks: Factores que influyen. Cambio climático, ¿relación causa efecto?

Según Richardson et al., factores estresantes inducidos por el hombre como la sobrepesca, la eutrofización, el desplazamiento de especies, y las modificaciones del hábitat aparecen como los principales causantes de los blooms de cnidarios pelágicos o ctenóphoros. Hay fuertes evidencias de cambios en la estructura de los ecosistemas pelágicos, que de ser dominados por los peces pueden pasar a serlo por componentes del plancton gelatinoso con fuertes consecuencias sociales y económicas.

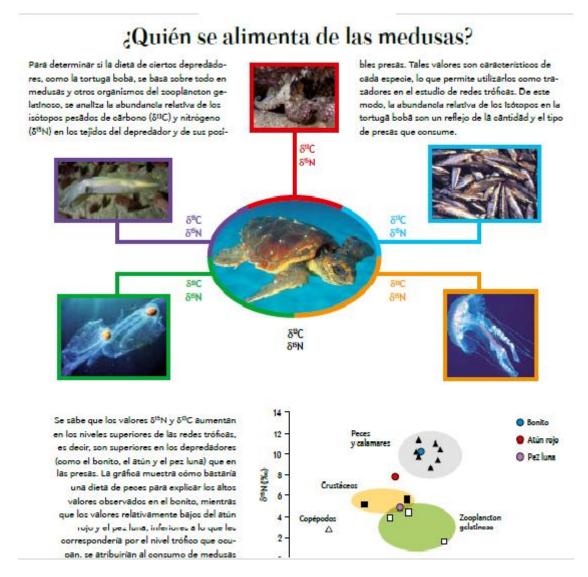
No deja de sorprendernos los argumentos de científicos como Parson y Lalli que plantean una posible vuelta al precámbrico con una fuerte dominancia de las medusas donde antes dominaban los peces, si las actividades humanas no cambian.



Luis Cardona en su articulo de la Revista Investigación y Ciencia en Junio de 2014 nos recuerda que una de las causas que se ha presentado para explicar la proliferación de



medusas, es la sobrepesca. La captura de depredadores naturales del plancton gelatinoso como la tortuga boda o el pez luna y la consiguiente disminución de las poblaciones de estas especies habría reducido la presión sobre los componentes de dicho plancton. Sin embargo son mas especies las que se alimentan de medusas lo que se sabe gracias a un estudio detallado sobre las dietas de dichas especies.



La información disponible sugiere que al menos en el Mediterráneo los cambio climáticos son mucho mas determinante en la proliferación de medusas. A principios de los 80en el siglo XX grandes enjambres de Pelagia Noctiluca aparecen en las costas italianas causando grandes problemas y desatando la alarma general. Se ponen en marcha seminarios sobre el tema por parte de las Naciones Unidas. En España se inicia en el 2000 un estudio en las costas catalanas dirigido por Josep Maria Gili y su equipo del ICM de Barcelona dependiente del CSIC. La proliferación de Pelagia fue tal en esos



años, que hasta se diseña una bandera para las playas, alertando sobre la presencia de medusas. Se empieza a hablar entonces de cambios en los ecosistemas que parecen estar ahora dominados por las medusas, ausencia de depredadores e incluso y por todo ello, se comienzan campañas de recuperación de especies depredadora como la tortuga boba trayéndose a las costas españolas huevos de tortuga procedentes de Cabo Verde para la recuperación de esta especie. A pesar de todo esto, en 2009 las medusas desaparecen.

Michele Etienne de la U de Paris ,a raíz de las propuestas de las Naciones Unidas ponen en marcha un trabajo de revisión bibliográfica sobre las apariciones de Pelagia Noctiluca en el Mediterráneo occidental remontándose al siglo XVIII. Llegan a la conclusión de que existen "años con medusas" y "años sin medusas" en un promedio de 12 años. Los años de primaveras y veranos secos y con elevada presión atmosférica eran años de Pelagia. El equipo de la Estación zoológica de Villefranche-sur-mer capitaneado por Juan Carlos Molinero , junto con otro equipo de investigadores de la U de Lille y de la U del Cabo Occidental confirma lo planteado por Etienne, afirmando que cuando el anticiclón de la Azores es muy potente y desvía las borrascas atlánticas hacia el norte de Europa ,los inviernos son cálidos y secos y esto favorece la proliferación de ciertas especies. Por todo esto la proliferación ocurrida en los años 80 no era tan anómala. La falta de memoria histórica vuelve a fallar y entre los años 2003 y 2008 de nuevo se empieza a hablar de la sobrepesca como la causa del aumento de medusas olvidándose los estudios franceses al respecto..

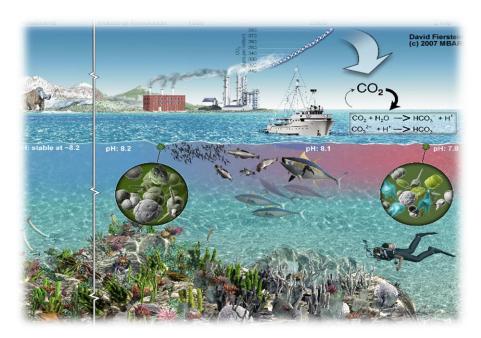
La mayor abundancia de *Cotylorizha tuberculata* en el Mar Menor es estudiada por los españoles Laura Prieto, Diana Astorga, Gabriel Navarro y Javier Ruiz del ICMAN, y llegan a la conclusión de que son los factores ambientales ,favorecidos además por la sobrepesca de competidores y depredadores, la causa principal de la proliferación de estos componentes del plancton gelatinoso. Las condiciones oceanográficas asociadas a una primavera seca y cálida se traduce en una temperatura del agua mas elevada y una menor mezcla vertical. En este contexto el cambio climático podría favorecer la proliferación de medusas debido no solo a un aumento de la temperatura en las aguas superficiales sino también la mayor duración de la fase de estratificación la cual se produce cuando el calentamiento del agua superficial reduce tanto su densidad , que flota sobre las capas inferiores, más frías y densas, sin que el viento fuerce su mezcla. Estas condiciones favorecen en particular a Pelagia Noctiluca.

Por otro lado para Richardson son varias las razones de la proliferación de medusas:

- La eutrofización: El aporte de aguas de escorrentia ricas en P y N y pobre en S origina un fuerte aumento del fitoplancton lo que produce al hundirse, morir y ser descompuesto las bacterias, condiciones de hipoxia que puede llegar a producir brotes de medusas (outbreaks) ya que estas soportan bien estas condiciones.



- La sobrepesca: La sobrepesca con la consiguiente disminución de depredadores y competidores, puede provocar un aumento de medusas. También la pesca de arrastre provoca la aparición de nuevos refugios donde pueden asentarse los pólipos y por tanto aumentar posteriormente, las medusas
- El cambio climático: El calentamiento fuerza la estratificación en el mar. Las aguas superficiales más cálidas son pobres en nutrientes y las más profundas y frías ,ricas. Esta estratificación favorece a medusas y flagelados. La medusas tropicales podrían desplazarse a zonas templadas. Gibbson y Richardson han demostrado que las variaciones de medusas en el Atlántico norte en un periodo de 50 años son dependientes de la temperatura, siendo más abundantes las medusas cuando las temperaturas son más cálidas. Otro aspecto que podría influir es la acidificación de los océanos por el aumento del CO2 atmosférico. Un reciente estudio realizado en el mar del Norte sugiere que las medusas aumentan su número si el Ph es bajo, esto fue interpretado como una ventaja de las medusas que dispondrían de nuevos espacios ecológicos frente a un decaimiento del plancton calizo. Sin embargo, un análisis más amplio en un área mayor, no relaciona de forma directa el aumento de medusas con la acidificación del mar. Además la acidificación incluso supondría una desventaja para las medusas ya que muchos escifozoos e hidrozoos utilizan el carbonato de calcio para sus órganos de orientación, los estatolitos.



Fuente: http://www.mbari.org/highCO2/images/highCO2\_12-31-07.jpg



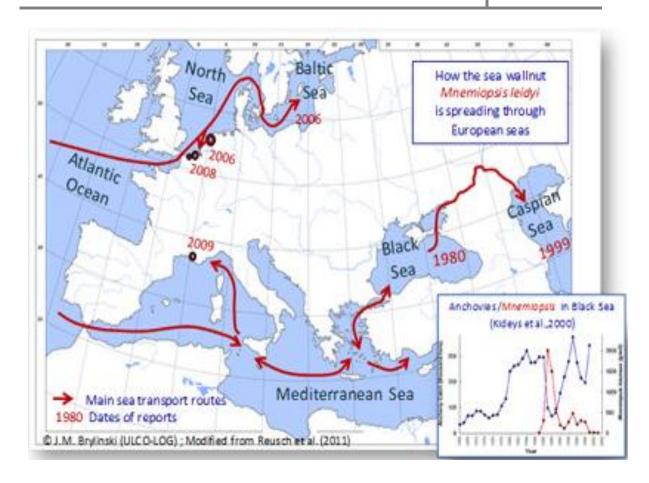
- El desplazamiento de especies: El agua de lastre cargada de organismos de un determinado lugar se suelta en otro diferente una vez que un barco hace la carga correspondiente en otro lugar. Esto implica, un "traslado " de especies de un sitio a otro. También en los cascos de los barcos encuentran los pólipos un buen sustrato para fijarse. Algunos Ctenophoros soportan muy bien estos traslados llegando a dominar nuevos hábitats y desplazando a peces que se alimentan de plancton. Es especialmente interesante el caso del ctenóphoro *Mnemiopsis leidyi* especie nativa de aguas costeras y estuarios templados y subtropicales del Atlántico occidental, que ocupa el litoral de América desde Estados Unidos hasta la Patagonia Argentina, incluyendo el Mar Caribe (Mianzan 1999) y que en el año 2009 se documenta por primera vez su presencia en la costa de España (Fuentes et al. 2009, 2010) con registros provenientes de la costa de Cataluña, Alicante, Valencia e Islas Baleares.

A principios de la década de los 80, este ctenóforo fue accidentalmente introducido al Mar Negro a través del agua de lastre de los buques rusos que transportaban aceite hacia la costa este de Estados Unidos (Vinogradov et al. 1989). En los últimos 30 años, esta especie se ha expandido a casi todos los mares de Europa; el Mar de Azov, el Mar de Mármara, el Mar Caspio, el Mar del Norte, el Mar Báltico y el Mar Mediterráneo oriental y occidental. La causa más probable de esta invasión es el transporte en el agua de lastre de los buques a través del Canal Volga-Don (Bilio & Niermann, 2004).

La introducción de *Mnemiopsis leidyi* en el Mar Negro es considerada como una de las bioinvasiones más dramáticas del último tiempo, ya que la ausencia de depredadores al menos los primeros años, combinado con una situación evidente de sobrepesca crónica, y efectos ambientales como la eutrofización de las aguas, ayudaron a promover el establecimiento y un rápido crecimiento poblacional de la especie en su nuevo ambiente (Shiganova et al., 2001). –

Las altas densidades poblacionales alcanzadas por M. leidyi en el Mar Negro, fueron coincidentes con drásticas disminuciones de la biomasa del zooplancton, con cambios evidentes en su composición y diversidad, y con el colapso de las pesquerías comerciales como lo fue el caso de la anchoa *Engraulis encrasicholus* (Shiganova 1998, Shiganova & Bulgakova 2000), por lo se ha considerado a este invasor como uno de los principales factores causantes de esta disminución.



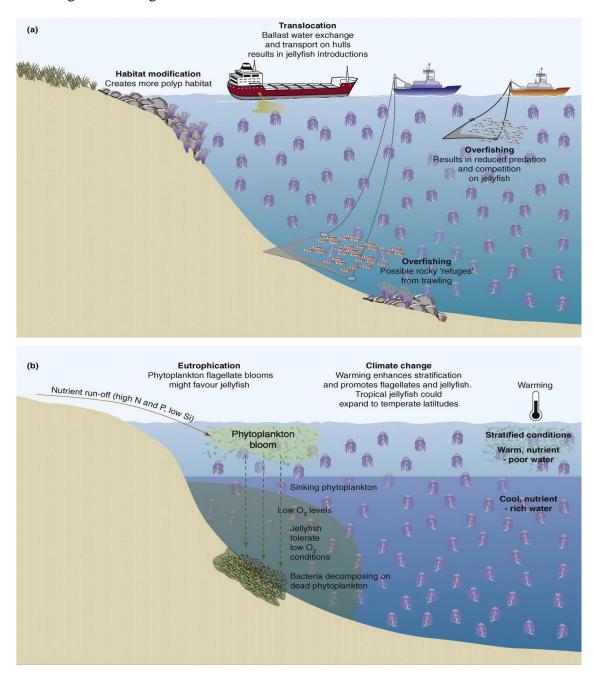


Por otro lado también en algunos lugares que antes estaban libres de medusas han comenzado a aparecer estos individuos cuando antes no existían. Por ejemplo, *Phylorriza punctata* ha pasado del Pacifico al Golfo de Méjico por la misma causa anteriormente descrita. Todo esto como hemos comentado en el párrafo anterior, ocasiona pérdidas de millones de dólares ya que incide directamente en el mantenimiento de la pesca.

- La modificación del hábitat: Dado que los pólipos de los cnidarios requieren un sustrato duro para su fijación, la modificación de hábitats naturales mediante construcciones, diques,... podría conducir a la proliferación de los mismos.



En las siguientes imágenes tenemos resumidas todas estas razones:



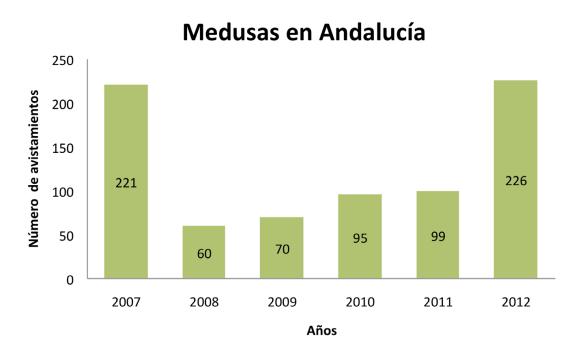
**Fuente imagen:** The jellyfish joyride: causes, consequences and management responses to a more gelatinous future. Richardson et al. Review. Cell pres



#### 3.3. Datos de proliferación de medusas en Andalucía

El estudio realizado por la Dra Laura Prieto y Gabriel Navarro, del Dpto de Gestion Costera del ICMAN, titulado "Avistamiento de medusas en el litoral andaluz", aporta los siguientes datos:

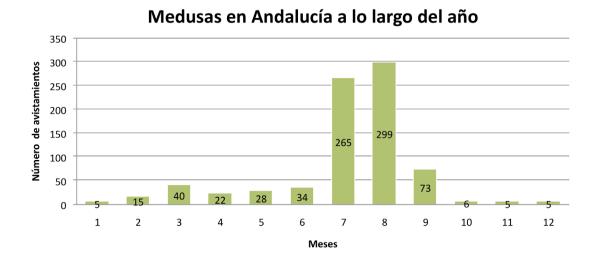
Número total de avistamientos anuales de medusas en el litoral de Andalucía desde 2007 a 2012.



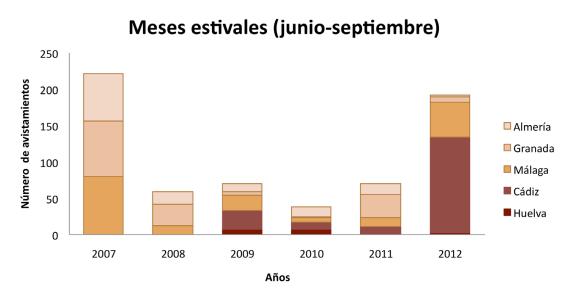
Se observa como el mayor número de avistamientos se registraron en los años 2007 y 2012. En 2011 se detecta un 56% menos de avistamientos con respecto al 2012, año de mayor número de eventos. La progresión, exceptuando el 2007, ha sido de incremento desde el 2008 al 2012, enc ontrándose datos similares en los años 2010 y 2011. Los meses donde la proporción de avistam ientos ha sido mayor con diferencia al resto del año, han sido julio y agosto. En septiembre aun que hay constancia de estos eventos, el número empieza a decrecer, siendo muy bajo en los meses de octubre a diciembre. En la época comprendida entre los meses de febrero a junio se tienen datos de la presencia de ejemplares aunque en proporciones mucho menores a las que se dan en los meses veraniego



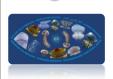
Número total de avistamientos mensuales de medusas en el litoral de Andalucía desde 2007 a 2012.



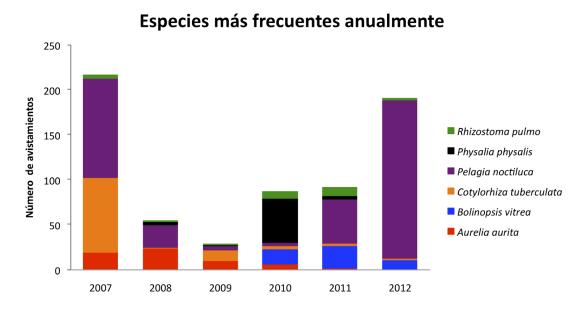
En 2007 los avistamientos se concentraron en las provincias de Almería, Granada y Málaga, estando presente estas tres provincias en los avistamientos que han tenido lugar en todos los años del estudio.



**Figura 3:** Número de avistamientos de medusas en los meses de verano de (junio a septiembre) por provincias andaluzas desde 2007 a 2012.



Esta afluencia de avistamiento en Cádiz ha tenido lugar mayoritariamente en la vertiente mediterránea y en menor medida en el litoral Atlántico. En la figura 4 se muestra el número de avistamientos acaecidos en cada una de las tres zonas en las que se ha divido el litoral gaditano. Para realizar dicha división del litoral gaditano se ha considerado "Litoral Atlántico" hasta punta Paloma, desde Punta Paloma a la bahía de Algeciras se ha considerado "Estrecho de Gibraltar" y a partir de la Línea de la Concepción se ha considerado como "Litoral Mediterráneo". Como se observa en la figura 4, los avistamientos que tuvieron lugar durante 2012 en la zona mediterránea de Cádiz corresponden a un 46% del total de los registrados, frente a un 11% de los sucesos que se dieron en la zona Atlántica gaditana. El número de eventos registrados en el estrecho de Gibraltar se sitúa en un 43% del total, convirtiéndose la zona tanto mediterránea como la del estrecho en el lugar donde se observaron el mayor número de casos con un 89% sobre el total registrado.



**Figura 5:** Número de avistamientos de las especies de medusas más frecuentes en el litoral de Andalucía desde 2007 a 2012. Este es un punto que marca la diferencia entre las dos especies que más avistamientos registraron: *Pelagia noctiluca*, con avistamientos donde se ven involucrados un número considerable de ejemplares (más de cien), frente a *Cotylorhiza tuberculata* (figura 7) donde la frecuencia de fenómenos donde aparecen cantidades inferiores a 5 ejemplares es mayor que eventos donde la concentraciones de estos individuos es más elevada. Solo en los años 2007 y 2009 se tiene constancia de avistamientos con una abundancia entre 6 y 10 ejemplares para esta especie (figura 7), mientras que el resto de años se registran eventos con un solo ejemplar avistado. Aunque el número de avistamientos es alto para estas dos especies la

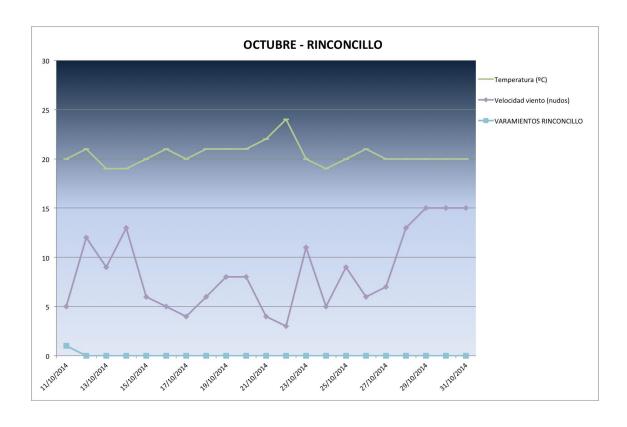


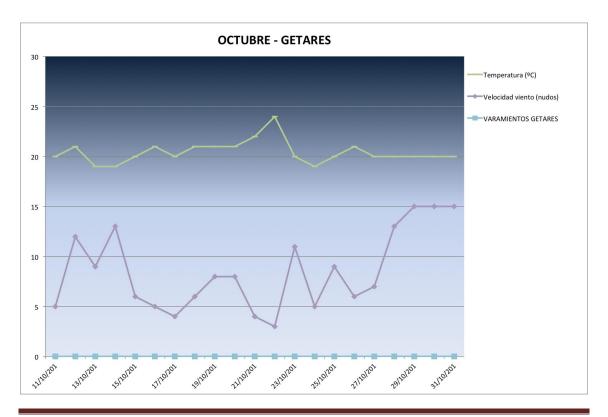
abundancia de ejemplares en los eventos registrados es mayor para la especie *Pelagia noctiluca*.

3.4 Seguimiento de varamientos en las playas de Algeciras Octubre-Marzo. Control de las condiciones climáticas en meses (temperatura, dirección y viento).

MEDUSAS OCTUBRE							
DÍA	TOTAL RINCONCILLO	TOTAL GETARES	Temperatura (ºC)	Velocidad viento (nudos)	Dirección Viento		
11/10/2014	1	0	20	5	Е		
12/10/2014	0	0	21	12	0		
13/10/2014	0	0	19	9	0		
14/10/2014	0	0	19	13	0		
15/10/2014	0	0	20	6	0		
16/10/2014	0	0	21	5	0		
17/10/2014	0	0	20	4			
18/10/2014	0	0	21	6	E		
19/10/2014	0	0	21	8	Е		
20/10/2014	0	0	21	8	0		
21/10/2014	0	0	22	4			
22/10/2014	0	0	24	3			
23/10/2014	0	0	20	11	Е		
24/10/2014	0	0	19	5	Е		
25/10/2014	0	0	20	9	Е		
26/10/2014	0	0	21	6	Е		
27/10/2014	0	0	20	7	Е		
28/10/2014	0	0	20	13	Е		
29/10/2014	0	0	20	15	Е		
30/10/2014	0	0	20	15	Е		
31/10/2014	0	0	20	15	Е		

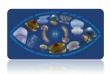


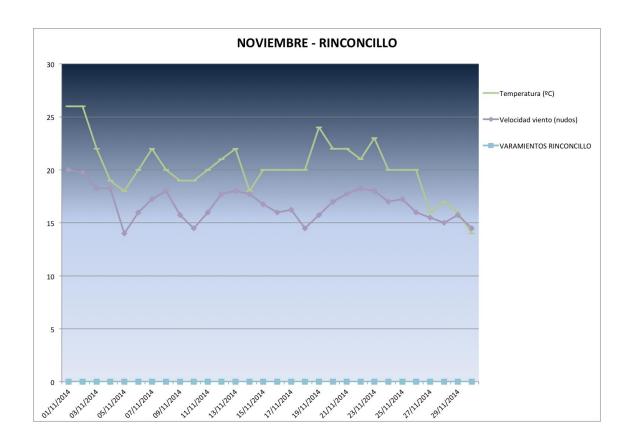




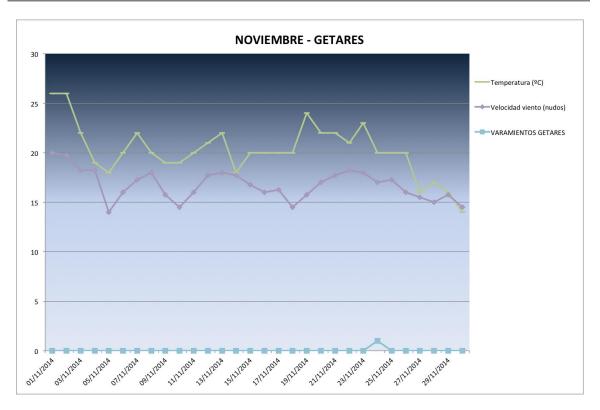


MEDUSAS NOVIEMBRE					
DÍA	TOTAL RINCONCILLO	TOTAL GETARES	Temperatura (ºC)	Velocidad viento (nudos)	Dirección Viento
01/11/2014	0	0	26	20	Е
02/11/2014	0	0	26	19,75	Е
03/11/2014	0	0	22	18,25	0
04/11/2014	0	0	19	18,25	SO
05/11/2014	0	0	18	14	0
06/11/2014	0	0	20	16	0
07/11/2014	0	0	22	17,25	0
08/11/2014	0	0	20	18	SO
09/11/2014	0	0	19	15,75	SO
10/11/2014	0	0	19	14,5	0
11/11/2014	0	0	20	16	SO
12/11/2014	0	0	21	17,75	0
13/11/2014	0	0	22	18	
14/11/2014	0	0	18	17,75	SO
15/11/2014	0	0	20	16,75	0
16/11/2014	0	0	20	16	0
17/11/2014	0	0	20	16,25	
18/11/2014	0	0	20	14,5	
19/11/2014	0	0	24	15,75	Е
20/11/2014	0	0	22	17	Е
21/11/2014	0	0	22	17,75	ΝE
22/11/2014	0	0	21	18,25	NE
23/11/2014	0	0	23	18	
24/11/2014	0	1	20	17	
25/11/2014	0	0	20	17,25	0
26/11/2014	0	0	20	16	SO
27/11/2014	0	0	16	15,5	S
28/11/2014	0	0	17	15	S
29/11/2014	0	0	16	15,75	NE
30/11/2014	0	0	14	14,5	S O





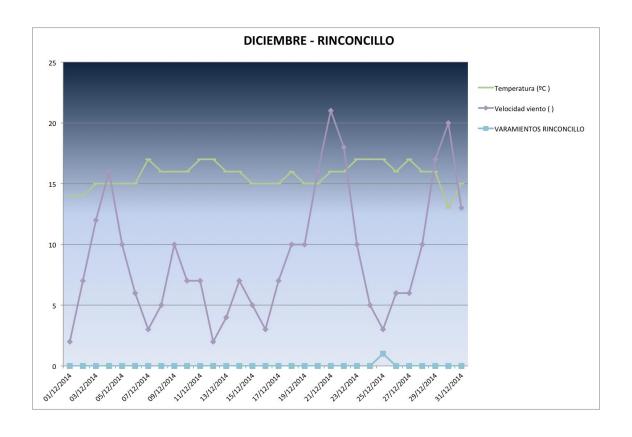




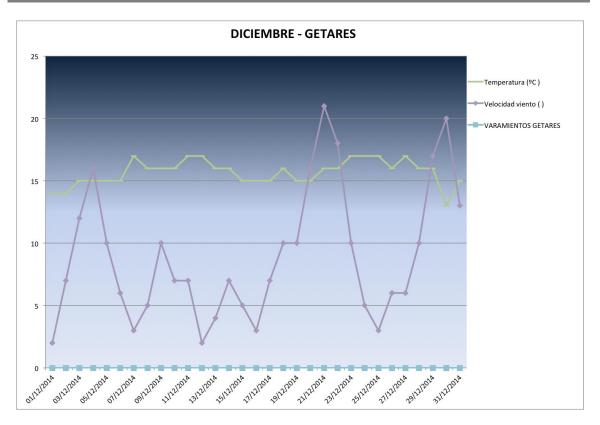
MEDUSAS DICIEMBRE					
DÍA	TOTAL RINCONCILLO	TOTAL GETARES	Temperatura (ºC)	Velocidad viento (nudos)	Dirección Viento
01/12/2014	0	0	14	2	Е
02/12/2014	0	0	14	7	S
03/12/2014	0	0	15	12	0
04/12/2014	0	0	15	16	0
05/12/2014	0	0	15	10	0
06/12/2014	0	0	15	6	0
07/12/2014	0	0	17	3	S
08/12/2014	0	0	16	5	S
09/12/2014	0	0	16	10	0
10/12/2014	0	0	16	7	0
11/12/2014	0	0	17	7	0
12/12/2014	0	0	17	2	N
13/12/2014	0	0	16	4	N
14/12/2014	0	0	16	7	0
15/12/2014	0	0	15	5	0
16/12/2014	0	0	15	3	0
17/12/2014	0	0	15	7	S



18/12/2014	0	0	16	10	O
19/12/2014	0	0	15	10	S
20/12/2014	0	0	15	16	S
21/12/2014	0	0	16	21	0
22/12/2014	0	0	16	18	О
23/12/2014	0	0	17	10	О
24/12/2014	0	0	17	5	0
25/12/2014	1	0	17	3	S
26/12/2014	0	0	16	6	0
27/12/2014	0	0	17	6	
28/12/2014	0	0	16	10	Е
29/12/2014	0	0	16	17	
30/12/2014	0	0	13	20	0
31/12/2014	0	0	15	13	0



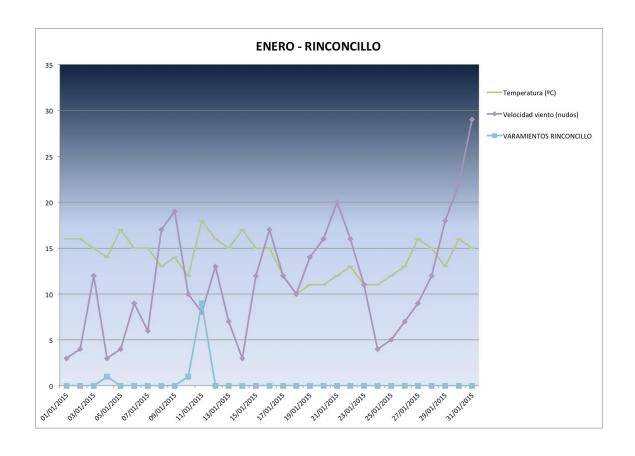




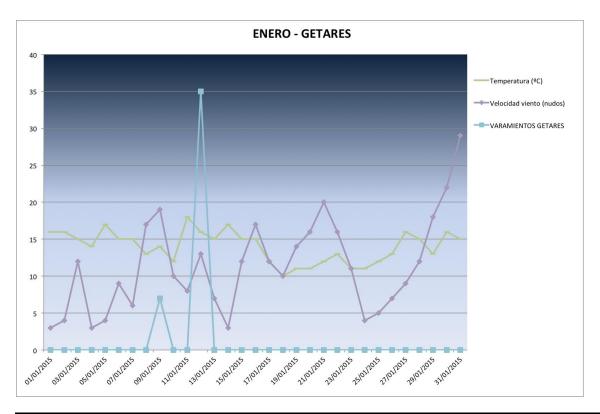
MEDUSAS ENERO					
DÍA	TOTAL RINCONCILLO	TOTAL GETARES	Temperatura (ºC)	Velocidad viento (nudos)	Dirección Viento
01/01/2015	0	0	16	3	SE
02/01/2015	0	0	16	4	0
03/01/2015	0	0	15	12	О
04/01/2015	1	0	14	3	N
05/01/2015	0	0	17	4	Е
06/01/2015	0	0	15	9	SE
07/01/2015	0	0	15	6	O
08/01/2015	0	0	13	17	O
09/01/2015	0	7	14	19	O
10/01/2015	1	0	12	10	SO
11/01/2015	9	0	18	8	Е
12/01/2015	0	35	16	13	О
13/01/2015	0	0	15	7	SO
14/01/2015	0	0	17	3	SO
15/01/2015	0	0	15	12	NΕ
16/01/2015	0	0	15	17	SE
17/01/2015	0	0	12	12	Е
18/01/2015	0	0	10	10	NO



19/01/2015	0	0	11	14	SE
20/01/2015	0	0	11	16	ΝE
21/01/2015	0	0	12	20	SE
22/01/2015	0	0	13	16	SE
23/01/2015	0	0	11	11	E
24/01/2015	0	0	11	4	ΝE
25/01/2015	0	0	12	5	SE
26/01/2015	0	0	13	7	ΝE
27/01/2015	0	0	16	9	Е
28/01/2015	0	0	15	12	Е
29/01/2015	0	0	13	18	ΝE
30/01/2015	0	0	16	22	Е
31/01/2015	0	0	15	29	SE



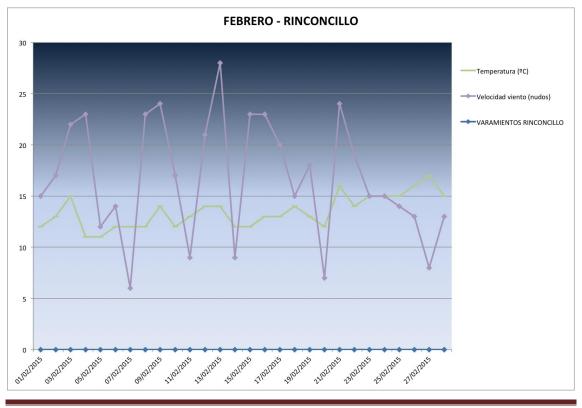




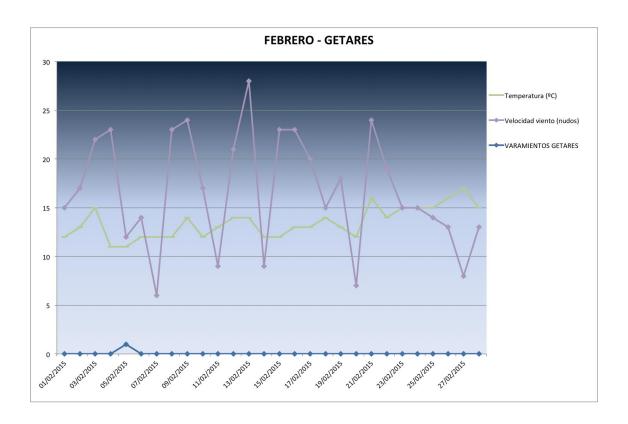
MEDUSAS FEBRERO						
DÍA	TOTAL RINCONCILLO	TOTAL GETARES	Temperatura (ºC)	Velocidad viento (nudos)	Dirección Viento	
01/02/2015	0	0	12	15	SE	
02/02/2015	0	0	13	17	Е	
03/02/2015	0	0	15	22	Е	
04/02/2015	0	0	11	23	SE	
05/02/2015	0	1	11	12	SE	
06/02/2015	0	0	12	14	Е	
07/02/2015	0	0	12	6	SO	
08/02/2015	0	0	12	23	0	
09/02/2015	0	0	14	24	0	
10/02/2015	0	0	12	17	SO	
11/02/2015	0	0	13	9	SO	
12/02/2015	0	0	14	21	0	
13/02/2015	0	0	14	28	0	
14/02/2015	0	0	12	9	N	
15/02/2015	0	0	12	23	E	



16/02/2015	0	0	13	23	Е
17/02/2015	0	0	13	20	SO
18/02/2015	0	0	14	15	0
19/02/2015	0	0	13	18	0
20/02/2015	0	0	12	7	NO
21/02/2015	0	0	16	24	SE
22/02/2015	0	0	14	19	NE
23/02/2015	0	0	15	15	Е
24/02/2015	0	0	15	15	SE
25/02/2015	0	0	15	14	SE
26/02/2015	0	0	16	13	Е
27/02/2015	0	0	17	8	SO
28/02/2015	0	0	15	13	0

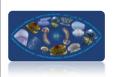


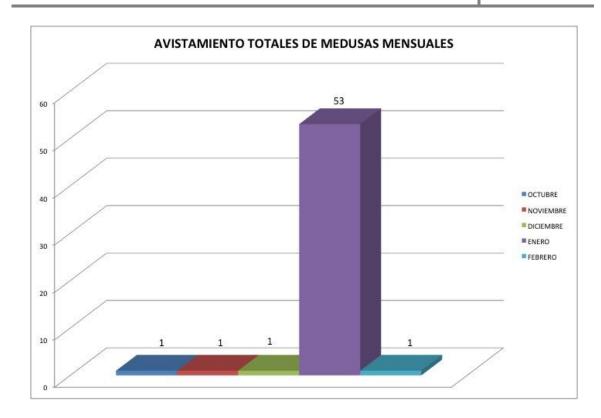




# **Totales varamientos**

OCTUBRE	1
NOVIEMBRE	1
DICIEMBRE	1
ENERO	53
FEBRERO	1





### 4. Otros representantes del plancton gelatinoso: Siphonophoros.

### 4.1 Generalidades de la Clase Hidrozoos.

Esta clase contiene unas 2700 especies de cnidarios muy comunes, se confunden muchas veces con algas ya que su aspecto es vegetaloide. Los pocos cnidarios que se conocen de agua dulce pertenecen a esta clase. Su morfología es polipoide o medusoide y algunas especies ,pocas, tienen ambas formas de vida.

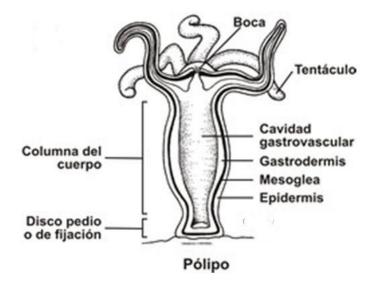
La mesoglea jamás es celular, la gastrodermis carece de cnidocitos, solo existen en la capa epidérmica, las gónadas son epidérmicas y si son gastrodérmicas los óvulos y espermatozoides son arrojados al exterior, nunca a la cavidad gastrovascular.

### Estructura del hidroide:

Algunos hidrozoos solo tienen forma medusoide pero la mayoría tienen una etapa pólipo a lo largo de su vida. Pueden ser coloniales o solitarios. La mayoría son coloniales. Del pólipo fundador de la colonia se producen yemas ,las yemas permanecen unidas al progenitor constituyendo la colonia. Los tejidos son comunes a



toda la colonia (epidermis, mesoglea y gastrodermis) y todas las cavidades gastrovasculares son continuas. Casi todas las colonias están ancladas por medio de un estolón horizontal parecido a una raíz llamado hidrorriza. De ahí salen pólipos erectos o ramas formadas por pólipos. Las colonias pueden ser arborescente o en forma de plumas. Su tamaño oscila entre los 5 y 15 cm de alto. Puede haber una cubierta quitinosa ,segregada por la epidermis, que hace las veces de un exosqueleto.



Morfologia típica de un pólipo



Colonia en forma de pluma:Aglophenia

Fuente: http://www.asturnatura.com/Imagenes/especie/aglaophenia-pluma.jpg

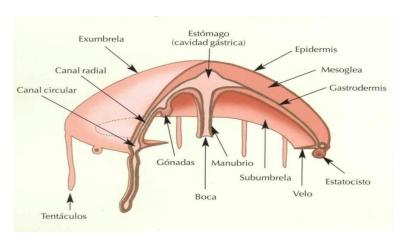


El polimorfismo es otra característica de los hidroides. Las formas funcionales son generalmente:

- El gastrozoide o pólipo alimentador de la colonia ,que también puede tener función defensiva. La digestión se realiza parcialmente en el propio gastrozoide que produce "una sopa" que termina de digerirse en la cavidad gastrovascular.
- El dactilozoide con células urticantes, los cnidocitos descritos ya en otro capítulo de este trabajo. Se sitúan generalmente alrededor del gastroziode interviniendo en la captura de presas.
- El gonozoide o pólipo reproductor que produce medusoides que se convierten en medusas libres o permanecen en la colonia ,produciendo en cualquier caso los gametos.

### Estructura Medusoide

A diferencia de las medusas de los Escifozoos estas son pequeñas entre 0,5 y 6 cm.



Forma medusoide de un hidrozoo

Fuente; http://www.bioscripts.net/zoowiki/temas/3C/Hidrozoo medusa.jpg

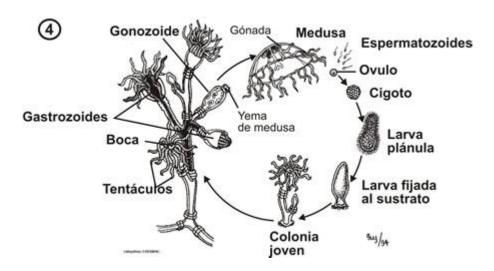
El cuerpo se compone de un paraguas cúpula rodeada de tentáculos. Una estructura en forma de tubo cuelga del centro del paraguas, e incluye la boca en la punta. Hay medusas de hidrozoos tiene sólo cuatro tentáculos, aunque existen algunas excepciones. Las células urticantes se encuentran en los tentáculos alrededor de la boca.



La boca conduce a una cavidad del estómago central. Cuatro canales radiales conectan el estómago a un canal circular adicional corriendo alrededor de la base de la campana, justo por encima de los tentáculos. Hay fibras musculares estriadas en la línea del borde de la campana, lo que permite que el animal se mueva alternativamente contrayendo y relajando su cuerpo

El sistema nervioso está inusualmente avanzado para cnidarios, dos anillos nerviosos se encuentran cerca del margen de la campana, y envían fibras a los músculos y tentáculos.. Numerosos órganos de los sentidos están estrechamente asociados con los anillos nerviosos. La mayoría de estos son terminaciones nerviosas sensoriales simples, pero también incluyen estatocistos y primitivos ocelos sensibles a la luz.

#### Ciclo de vida



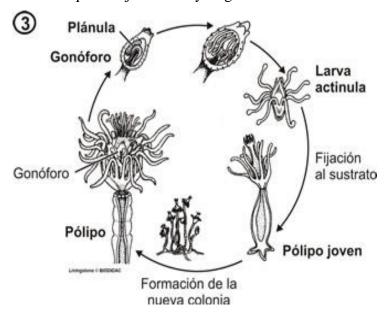
Ciclo biológico de Obelia

.Fuente: http://www.asturnatura.com/Imagenes/articulos/cnidarios/wwwciloobelia.jpg

El ciclo de vida comienza en un huevo, que por segmentación radial forma una larva plánula, ciliada y plana, que se fija al suelo. De ella surge un pólipo que lleva a cabo la reproducción asexual. Del pólipo se forman medusas tetrámeras con gónadas, que llevan a cabo la reproducción sexual externa, y que cierran el ciclo.



Hay grupos que no poseen todas las fases. En algunos especies (como *Hydra*) la fase medusa está reducida o falta por completo y son los pólipos los que producen los gametos. En Tubularia la forma medusa (gonóforo) permanece unida al pólipo, el huevo forma una larva plánula dentro de la medusa progenitora fija ,una larva actínula es liberada de la medusa que se fija al suelo y origina una nueva colonia.



### Reproducción asexual

La forma polipoide se reproduce siempre asexualmente, haya o no forma medusa. Es muy habitual en organismos coloniales, aunque algunos géneros solitarios como *Hydra* pueden formar yemas que después se desprendan del organismo parental. La reproducción asexual generalmente es en forma de gemación.

Las medusas también se forman a partir de yemas (gonóforos) sobre los pólipos, ya sea a partir de las paredes de los hidrantes comunes o en gonozoides especializados. En ambos casos las medusas tienen gónadas y, o bien pueden desprenderse y nadar libremente, o permanecer sobre los pólipos en forma de medusas reducidas.

Algunas hidromedusas también se reproducen asexualmente. Algunas producen yemas en el manubrio mientras que otras las producen en los bulbos tentaculares. Ciertas especies se dividen por fisión longitudinal en dos medusas hijas.

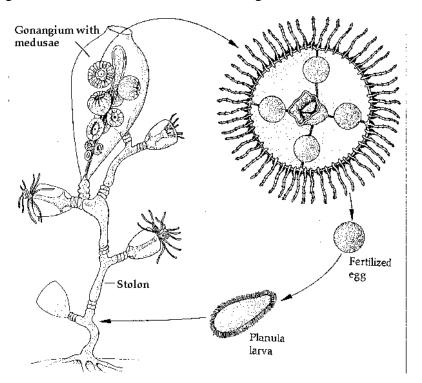


### Reproducción sexual

Todos los hidrozoos tienen una fase sexual en su ciclo de vida. Casi siempre son dioicos.

En los grupos que forman medusas, éstas surgen por gemación a partir de gonóforos o gonozoides. Las células germinales derivan de células epidérmicas intersticiales que migran a lugares concretos formando las gónadas, que pueden localizarse sobre el manubrio o en la superficie de la subumbrela (bajo los canales radiales). La fecundación suele ser externa, aunque algunas especies solo liberan los espermatozoides y la fecundación del óvulo se produce sobre el cuerpo de las medusas femeninas.

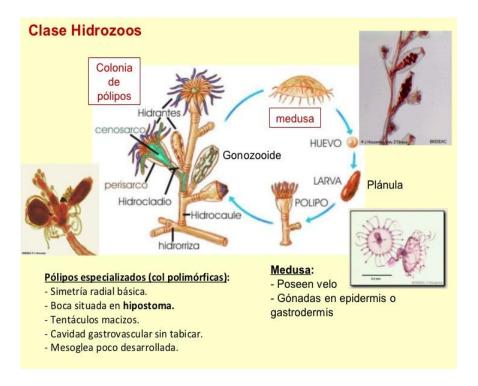
En aquellos grupos que carecen de la forma medusoide, los pólipos forman gónadas ectodérmicas simples y transitorias llamadas esporosacos, que serán los encargados de expulsar los gametos. La fecundación será también generalmente externa.



Ciclo vital de Turritopsis nutricula,"la medusa inmortal"



### Resumiendo:



### 4.2 Clasificación de la Clase Hidrozoos

### Orden Hidroida

Los hidroides (Hydroida) son un orden de cnidarios hidrozoos que incluye las hidras, hidromedusas, y muchos organismos marinos afines, muchos de los cuales crecen en grandes y elegantes colonias de pólipos

### **Orden Trachylina**

Los traquilinos (Trachylina), también llamados traquimedusas (Trachymedusae) son un orden de la clase Hydrozoa, dentro del filo Cnidaria, en los que la fase pólipo está muy reducida o falta por completo

### **Orden Syphonophoros**

Los sifonóforos (Siphonophora) son un orden de cnidarios hidrozoos que forman colonias flotantes. Los sifonóforos pueden flotar gracias a dos tipos de estructuras. Los neumatóforos, vejigas llenas de gas (*Physalia*) y los nectóforos, campana natatoria llena de gas. Se han descrito unas 175 especies de sifonóforos, y algunos ejemplares pueden alcanzar los 40 metros de longitud. Entre los sifonóforos más conocidos se encuentra

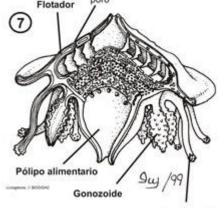


el género *Physali*a (fragata portuguesa); el contacto con sus tentáculos produce una fuerte irritación.

### **Orden Chondrophora**

A este orden pertenece el género Velella: conocido como "velero".

La colonia posee en su parte superior un flotador ovalado con una prolongación triangular, a modo de vela, que permite la dispersión de las colonias por el vientoEn la parte inferior existe un único pólipo alimenticio, y a su alrededor una corona de gonozoides y por fuera de ésta una de dactilozoides. Los gonozoides producen pequeñas medusas que se fijan al fondo del mar y que allí liberan las células sexuales; tras la fecundación se origina un pequeño pólipo que sube a la superficie del mar.Las medusas que se liberan son de pequeño tamaño y de vida muy corta



Dactilozoide

Fuente: http://lh6.ggpht.com/-

BKxdRcbNCa4/T6gHCr1DW2I/AAAAAAAAAAAcc/YF8YZcHLhbQ/s1600-h/clip\_image008%25255B3%25255D.jpg

### **Orden Actinulida**

Son individuos muy pequeños, de vida <u>i</u>ntersticia<u>l</u>. Viven entre los granos de arena(fauna psammica) Se descubrieron en 1927. Son pólipos solitarios con una superficie ciliada, que recuerda a la fase de larva plánula. Tienen en su ciclo una larva actínula. Son relativamente pequeños, 0,5-1,5 mm. El cuerpo es alargado, con la boca en el extremo anterior. En la parte posterior llevan los tentáculos móviles dispuestos en 1 ó 2 anillos .No tienen forma medusa.

### 4.3 El Orden Syphonophoros

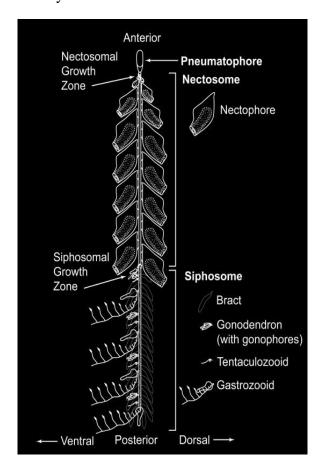
Pertenecen al zooplancton gelatinoso.



- Son animales coloniales muy especializados y complejos.
- Son los animales más largos del mundo, alcanzando algunos de ellos más de 40 m.
- Es el macrozooplancton carnívoro más abundante de los océanos.
- Existen unas 175 especies descritas hasta la fecha.

.Son hidrozoos coloniales que nadan libremente.Son los animales coloniales más complejos y con la mayor diferenciación de funciones entre zooides (=unidades de la colonia, genéticamente idénticos pero funcional y estructuralmente diferentes):

- Nectóforos: función natatoria → propulsión de la colonia.
- Brácteas: protección de la colonia.
- Gonóforos: reproducción de la colonial.
- Gastrozoides: caza y alimentación de la colonia.



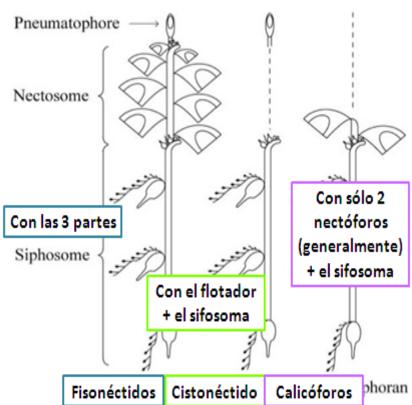


- Se componen de 3 zonas principales:
- 1. Pneumatóforo: flotador de la colonia.
- 2. Nectosoma: parte donde van colocados los nectóforos (propulsión).
- 3. Sifonosoma: parte donde se sitúan las estructuras de protección, alimentación y reproducción

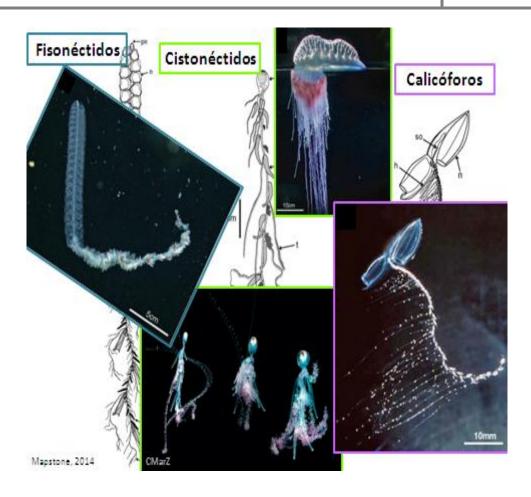
Los sifonóforos aún están muy poco estudiados debido a:

- Su gran fragilidad, se rompen en sus "miles" de partes al capturarlos.
- La gran mayoría viven en el océano abierto y muchos de ellos a grandes profundidades.

# Existen 3 tipos de sifonóforos







# Estudio y observación de los varamientos de un Siponophoro, Calicóforo: *Abylopsis tetrágona*.

A finales de Noviembre de 2014 encontramos en la playa de Getares de Algeciras, unas estructuras gelatinosas en gran número y varadas en la playa después de un fuerte temporal de Levante. La curiosisdad ante el hallazgo nos llevó a ponernos en contacto con Karen Kienberger de Jellyfish Research South Spain y Elena Guerrero estudiante de doctorado en el ICM de Barcelona. En unas primeras observaciones a través de fotografías, reconocieron la muestra como *Abylopsis tetrágona*. Posteriormente se enviaron a Elena muestras en formol al 5% y se verificó dicha clasificación. Hemos conservado también algunas muestras en alcohol de 96° para seguir investigando la genética de los ejemplares en el ICM de Barcelona y en el ICMAN del a UCA.







Muestras varadas en la arena. Fotografía:Beatriz Escobar





Muestras recogidas para su observación

Posteriormente el 10 de Enero de 2015 nos encontramos otro varamiento con una gran cantidad de individuos en la zona de la costa tarifeña en el lugar conocido como Paloma.

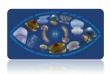
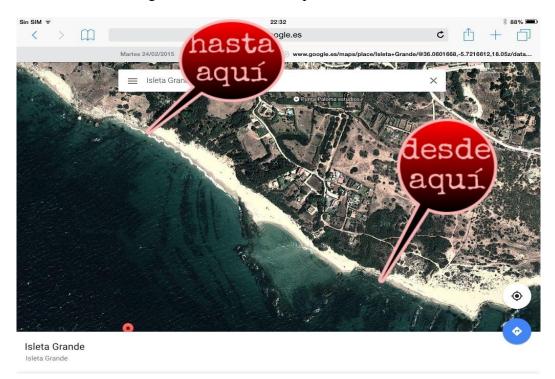




Imagen varamiento tomada por los alumnos.



Lugar exacto del varamiento(Paloma Baja)



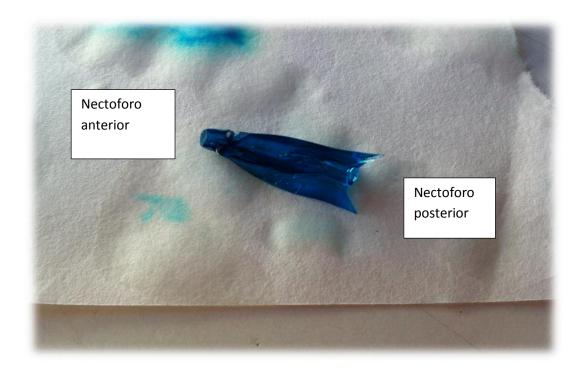
# ¿Qué tipo de sifonóforo sería Abylopsis tetragona?





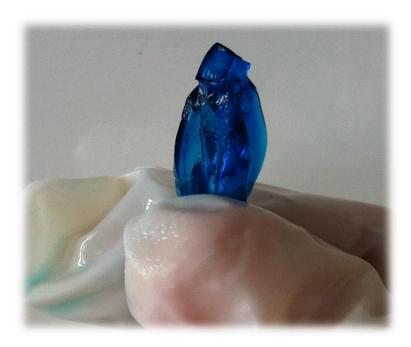
Una de la colonias recogidas en el primer varamiento











En las imágenes anteriores puede observarse un ejemplar teñido con azul de metileno para observar mejor sus detalles. Se diferencian con claridad los nectoforos superior e inferior.

### Los sifonóforos Calicóforos:

- Son los sifonóforos que, en general, viven más cerca de la costa.
- De los 3 tipos, estos son los más estudiados y sobre los que más se sabe, debido
   a:
  - su menor tamaño,
  - menor complejidad,
  - su cercanía a la costa,
  - mayor facilidad para muestrearlos.

Viven en todos los mares y latitudes del planeta. Su alimentación consiste en pequeños crustáceos y alevines. Son comidos por tortugas, crustáceos y peces.



### ANEXO A ESTE CAPITULO

# Beaching of calycophoran siphonophores (Hydrozoa, Cnidaria) in the area of Algeciras Bay, Gibraltar Strait

Guerrero E<sup>1</sup>, Kienberger K<sup>2</sup>, Villaescusa A<sup>3</sup>, Prieto L<sup>2</sup> & Gili J-M<sup>1</sup>

Email: eguerrero@icm.csic.es

Poster contribution to the 8<sup>th</sup> Hydrozoan Society Workshop, June 2015 (Ischia, Italy)

Large amount of the calycophoran siphonophore *Abylopsis tetragona* (Otto, 1823) were found beached on November 21<sup>st</sup> and 22<sup>nd</sup>, 2014 in the area of Algeciras Bay (South coast of Spain) after two days of a strong easterly winds storm. This bay is located at the eastern part of the Strait of Gibraltar (SW Mediterranean) with a bathymetry characterized by a central canyon that reaches its maximum depth (about 450 m) and width at the mouth of the bay. More than 700 estimated individuals of *A. tetragona* were detected on the sandy beach of Getares, situated right at the mouth of the bay and facing southeast. Possibly, being this event the first reported mass stranding of a epipelagic calicophoran siphonophore. This case is a good example of citizen science and jellyfish scientific knowledge outreach in schools, thanks to that we received the warning of the event and collaborate in the obtaining of the event's samples and data.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>Institut de Ciències del Mar (CSIC), Barcelona, Spain

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup>Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía (CSIC), Cádiz, Spain

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup>Colegio Salesiano Maria Auxiliadora, Algeciras, Cádiz, Spain



#### 5. Conclusiones

1)El seguimiento del ciclo de Cotylorhiza tuberculata en el laboratorio, con mediciones diarias de temperatura y grado de humedad ambiente durante los meses de octubre a diciembre, nos ha permitido **fotografiar y filmar las distintas etapas de dicho ciclo: escifostoma, estrobilos y éfiras.** pero nuestros resultados no han sido concluyentes respecto a la influencia de ambas variables en dicho ciclo.

2)Se han seguido a diario los posibles varamientos de ejemplares del plancton gelatinoso en las dos playas de Algeciras, durante los meses de octubre a marzo.Los resultados obtenidos de dichas observaciones nos han permitido la **recogida de ejemplares, para su observación y estudio** posterior en el laboratorio ,tanto de Pelagia noctiluca como de Rhizostoma sp. o del Siphonóphoro, Abylopsis tetrágona.

3)De la baremación posterior de datos de dichos varamientos, puede concluirse que:

Los meses de octubre ,noviembre,diciembre y febrero han tenido nulos o casi nulos resultado en nuestras observaciones.

### El mayor número de varamientos se han producido en Enero:

a) Con viento de Poniente (fuerza entre 13 y 19 nudos) en la playa de Getares con un total de 42 ejemplares varados

b)Con viento de Levante (fuerza 8 nudos)l en la playa del Rinconcillo con un total de 9 varamientos contabilizados.

La mayor parte de los varamientos corresponden a la especie Pelagia noctiluca.

**Se han observado** *Rhizostoma sp* **solo en tres ocasiones** una de ellas el 11 de Enero en la playa del Rinconcillo que coincide con las fechas de los varamientos de *Pelagia*.

También el 10 de Enero se produce en La Línea de la Concepción un varamiento masivo de Pelagia del que tenemos constancia fotográfica en el capítulo 1 de esta memoria. En ese caso el viento era de Suroeste con una fuerza de 10 nudos.

Los resultados anteriores nos permiten inclinarnos a que los varamientos en la playa del Rinconcillo se producen con viento del Este y en Getares con viento del oeste. En ningún caso se han producido varamientos con vientos inferiores a 8 nudos de fuerza

Por último el mayor número de varamientos se ha producido con vientos entre 25 y 35 Km/h

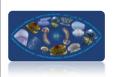


- 4)El trabajo sobre los ejemplares recogidos de *Pelagia noctiluca*, ha consistido en **observar y fotografiar sus cnidocitos ,concluyendo que pertenecen al tipo holotrico isorriza y en determinar el sexo** de los individuos mediante la observación de las gónadas al microscopio.
- 6)Hemos constatado también la dificultad de mantener en pecera ejemplares vivos con los medios de un laboratorio escolar .La alimentación de los mismos se ha realizado con **Rotíferos** pero pensamos que tanto el sistema de oxigenación de la pecera dispuesta para tal fin, como de la temperatura del agua , además del estres del traslado hasta dicha pecera, influyen de forma negativa en la supervivencia de los ejemplares.
- 6)La consulta de datos en los Servicios de playas de Algeciras nos ha permitido conocer que la mayor parte de los casos de atención sanitaria en las playas de Algeciras(70%) fueron por picaduras de medusas en el año 2012, un año calificado como "de medusas". Los años de veranos y primaveras secas con elevada presión atmosférica favorecen a especies como la Pelagia noctiluca.
- 7) Los varamientos de *Abylopsis* tetragona nos han permitido acercarnos al grupo de los Sifonóforos uno de los grupos de animales coloniales mas complejos y que forman también parte del llamado plancton gelatinoso, no solo formado por las medusas...
- 8) Los varamientos de *Abylopsis tetragona* han despertado el interés de los científicos con los que hemos mantenido contacto para nuestro tabajo, a lo largo del curso escolar. Esto ha propiciado la decisión de presentar una comunicación sobre estos varamientos al 8th Hidrozoan Society Workshop que se celebrará en Ischia(Italia)en el mes de Junio.
- 9)De la exhaustiva consulta de bibliografía especializada proporcionada por distintos investigadores (ICMAN ,ICM y Jelllyfish Research South Spain entre otros) hemos concluido que:
  - A) No hay una sola causa responsable de los blooms de medusas en nuestras costas siendo la sobrepesca, el cambio climático, el traslado de especies por las aguas de lastre de los barcos, la modificación de habitats o la eutrofización de las aguas, los principales motivos para dichos blooms.
  - B) Que los venenos de las medusas son de naturaleza proteica y algunas de sus toxinas como la histamina(amina vasoactiva) provocan en el organismo una fuerte respuesta inflamatoria.
  - C) Que en el 80% de las toxinas de los cnidarios se encuentra presente el Ac Glutámico.



- D) Que cuando hablamos de venenos en realidad nos estamos refiriendo a un conjunto de moléculas(toxinas) de naturaleza proteica que tienen sobre el organismo un fuerte carácter antigénico.
- E) Que alguna de dichas toxinas pueden tener una aplicación en el campo de la medicina para tratar enfermedades como el cáncer de colon o la leucemia por su fuerte actividad citotóxica.
- F) Que las medusas u otros cnidarios, no son solo animales que nos molestan sobre todo en verano sino que también, pueden tener **consecuencias negativas para la pesca y por tanto fuerte impacto económico.**
- G) Que podemos comer medusas, o usarlas para fabrica cosméticos, abonos o emplearlas en técnicas biotecnológicas.

10)Por último ,este trabajo de investigación también nos ha servido para entender la importancia del trabajo en equipo, y como nuestro trabajo individual acaba influyendo de forma negativa o positiva en el trabajo de todo el grupo.



### 6. Webgrafía y Bibliografía

### Webgrafia

http://www.asturnatura.com/articulos/cnidarios/medusas.php

http://es.wikipedia.org/wiki/Ecolog%C3%ADa

http://www.bioscripts.net/zoowiki/temas/3B.html

http://www.posidonia.es/Medusas/mobile/

http://www.mu.ieo.es/medusas/proliferaciones.htm

http://www.juntadeandalucia.es/salud/ZHD/medusas/index.html

http://www.vistaalmar.es/especies-marinas/medusas/444-el-premio-nobel-de-quimica-para-las-medusas.html

http://www.scienceinschool.org/2009/issue12/gfp/spanish

http://www.ecoavant.com/es/notices/2013/07/medusas-al-plato-1686.php

http://www.elmundo.es/elmundo/2013/05/31/natura/1370020803.html

http://www.elmundo.es/elmundo/2013/05/30/natura/1369928768.html

http://uciencia.uma.es/Noticias/Ciencia/El-poder-cosmetico-de-las-medusas

http://www.cehiuma.uma.es/AndaluciaInvestiga 55.pdf

http://www.chilehumor.com/wp-content/uploads/2013/11/helado-que-brilla.jpg

http://www.icesoft.es/wp-content/uploads/2014/03/470\_27157811-300x250.jpg

http://www.scienceinschool.org/repository/images/issue12gfp8.jpg

http://cbs.fas.harvard.edu/usr/connectome/brainbow/brainbow7.jpg

http://www.servimarket.es/blog/wp-content/uploads/2011/11/Jueguetes\_luinosos1.jpg

http://scienceblogs.com/deanscorner/wp-content/blogs.dir/451/files/2012/04/i-9ab8afb9c58108c81d3ab672d6ec4af0-Brainbow.jpg

http://cbs.fas.harvard.edu/usr/connectome/brainbow/brainbow2.2.jpg



 $\underline{\text{http://4.bp.blogspot.com/\_YPgmao5ZPFo/S9tzSBeuy2I/AAAAAAAAAAAAs/uheR0OrE9}\\ eA/s1600/mono.jpg$ 

http://zeiss-

campus.magnet.fsu.edu/articles/spectralimaging/images/spectralfretfigure1.jpg

https://quimica-biologia-12-13.wikispaces.com/ESTRUCTURA+DE+LA+GFP

http://www.redalyc.org/pdf/1792/179214945007.pdf

http://cienciauanl.uanl.mx/?p=832

http://noticias.lainformacion.com/ciencia-y-tecnologia/biologia/estos-cerdos-que-brillan-en-la-oscuridad-podrian-salvar-vidas-video\_SjTKjP1IMRAq9UKOkpLs04/

http://nationalgeographic.es/noticias/un-helado-que-brilla-en-la-oscuridad

http://1.bp.blogspot.com/-

vXvMPjShLPQ/UawuTpszWaI/AAAAAAAAAAKc/AcpGNIi70Ws/s1600/Oveja.jpg

http://www.lightecture.com/wp-content/uploads/2014/01/lilly.jpg

http://quimica.laguia2000.com/enlaces-quimicos/cromoforo#ixzz3MTqXH3fq

http://www.diariodecadiz.es/article/economia/215221/campo/se/abona/las/medusas.html

http://www.capraispana.com/fisiologia/glandulas/glandula.htm

http://www.parqueciencias.com/parqueciencias/historico/exposiciones/veneno-animal.html

http://www.juntadeandalucia.es/salud/ZHD/medusas/El\_veneno\_y\_los\_efectos\_de\_las\_picaduras.pdf

http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/002845.htm

http://kidshealth.org/parent/en\_espanol/medicos/jellyfish\_esp.html

http://alergomurcia.com/pdf/Picadura\_Medusas.pdf

http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0034-98872004000200014&script=sci arttext

http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1699-695X2010000200019&script=sci\_arttext

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S0185-38802011000300010



http://www.optica.inaoep.mx/tecnologia\_salud/2014/1/memorias/Conferencistas/S8Jose EmilioSalceda.pd

http://m.muyinteresante.es/rcs/articles/1148/imagenes/preguntas-medusas.jpgt.

http://www.saluteme.it/news/salute/308-invasione-di-meduse.html.

http://www.elmundo.es/elmundosalud/2006/08/08/salud\_personal/1155052469.html

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S0185-38802011000300010

https://www.usc.es/export/sites/default/gl/investigacion/grupos/malaterra/publicaciones/ Invertebrados\_Lecciones/Leccion\_10\_Generalidades\_Cnidarios.pdf

http://www.juntadeandalucia.es/salud/ZHD/medusas/El\_veneno\_y\_los\_efectos\_de\_las\_picaduras.pdf

http://www.icm.csic.es/icmdivulga/es/mediterraneo-monograficos-08.htm#p03

http://www.icm.csic.es/icmdivulga/es/mediterraneo-monograficos-08.htm#p01

http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/002845.htm

http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0034-98872004000200014&script=sci\_arttext

http://tukimica.blogspot.com.es/2012/02/pura-adrenalina.html

http://invenes.oepm.es/InvenesWeb/detalle?referencia=E93810896

http://www.google.com/patents/WO2013068625A1?cl=es

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hyaluronidase-1OJN.png

http://patentados.com/patente/antagonistas-bradicinina-no-peptidicos-basicos-composiciones-farmaceuticas/

http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0034-98872004000200014&script=sci arttext

http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/000473.htm

http://www.cmaestranza.com/diccionario-medico/57-h.html?start=17

http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/000512.htm

https://books.google.es/books?id=JJBech8CAZYC&pg=PA933&lpg=PA933&dq=fibrinolisinas&source=bl&ots=EA6HtnU7mj&sig=duxz8uUvZ2Acpl71N4g9Nl4\_Sls&hl=e



<u>s&sa=X&ei=2wn2VOqVOcP3UL6lgdAC&sqi=2&ved=0CDoQ6AEwBA#v=onepage</u> <u>&q=fibrinolisinas&f=false</u>

http://www.portalesmedicos.com/diccionario\_medico/index.php/Fibrinolisina

http://www.bvsops.org.uy/php/decsws.php?tree\_id=D27.888.569.142&lang=es

https://books.google.es/books?id=BZMIWtbjav8C&pg=PA62&lpg=PA62&dq=cardiotoxinas&source=bl&ots=okE0I3ALgg&sig=EzZzkOrCpKqnEBD93iEd6\_6CcY&hl=es&sa=X&ei=Owr2VKSPKsnuUpHLg8gF&sqi=2&ved=0CFAQ6AEwCQ#v=onepage&q=cardiotoxinas&f=false

http://www.prostaglandina.com/funciones\_de\_las\_prostaglandinas

http://www.salud180.com/salud-z/prostaglandina

http://medmol.es/glosario/62/

http://docsetools.com/articulos-para-saber-mas/article\_47408.html

http://www.alfaquarium.com/informacion-de-interes/96-palitoxina.html

http://www.gencat.cat/salut/acsa/html/es/dir3164/doc32654.html

http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/biologia/v09\_n2/miotoxina.htm

 $\underline{http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1727-}$ 

99332004000100010&script=sci\_arttext

http://www.espatentes.com/A61/2227591.html

http://hemeroteca.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/madrid/cultural/1997/02/21/054. html

http://www2.revistanefrologia.com/revistas/ANTIGUO/1992\_12\_S4\_30.pdf

http://www.botanical-online.com/acidoglutaminico.htm

http://www.blogodisea.com/wp-content/uploads/2010/11/proteinas-aminoacidos-acidos.jpg

http://www.rdnattural.es/blog/acido-glutaminico/

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bc/Palitoxina.JPG

http://www.scielo.br/img/fbpe/qn/v25s1/9413fr9.gif

2015

http://cambioclimaticoglobal.com/

Catálogo español de especies exóticas invasoras. Ministerio de agricultura y pesca. <a href="http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/Mnemiopsis\_leidyi\_2013\_tcm7-307138.pdf">http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/Mnemiopsis\_leidyi\_2013\_tcm7-307138.pdf</a>

http://biologiapuntocom.blogspot.com.es/2012/05/cnidarios\_07.html

https://www.usc.es/export/sites/default/gl/investigacion/grupos/malaterra/publicaciones/ Invertebrados\_Lecciones/Leccion\_11\_Hidrozoos.pdf

http://www.juntadeandalucia.es/salud/ZHD/medusas/index.html

### Bibliografía::

-Zoologia de los invertebrados.Robert.D Barnes.Paginas 112 a 122.Ed Interamericana 5ª edición.

-El plancton gelatinoso. Workshop. Enero 2015 Colegio Maria Auxiliadora de Algeciras. Karen Keinberger de Jellyfisch Research South Spain

¿Por que proliferan las medusas?. Luis Cardona. Investigación y Ciencia .Junio 2014

Avistamiento de medusas en el litoral andaluz. Laura Prieto y Gabriel Navarro. Dpto de Ecología y Gestión Costera. Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía.

The jellyfish joyride :causes, consequences and management responses to a more gelati nous future. Richardson et al. Review. Cell pres .2009

Jellyfish Stings and Their Management: A Review Luca Cegolon 1,2,\*, William C. Hey mann 3, John H. Lange 4 and Giuseppe Mastrangelo. Marine Drugs Journal 2013.

The Mauve Stinger Pelagia noctiluca (Forsskål, 1775). Distribution, Ecology, Toxicity a nd Epidemiology of Stings. A Review Gian Luigi Mariottini 1,\*, Elisabetta Giacco 1 and Luigi Pane 2. Marine Drugs Journal 2008

Mediterranean Jellyfish Venoms: A Review on Scyphomedusae.Luigi Mariottini and Luigi Pane. Marine Drugs Journal 2010.

Appearance of Chelophyes appendiculata and Abylopsis tetragona (Cnidaria, Siphonop hora) in the Bay of Villefranche, northwestern MediterraneanEmmanuelle Buecher \*La boratoire d'Oce'anographie Biologique et Ecologie du Plancton Marin=CNRS ESA 7 6, Station Zoologique, B.P. 28, 06234 Villefranche-Sur-Mer Cedex, France Received 22 D ecember 1997; accepted 2 July 1998. Journal of sea Research 1999





Distribución de las especies más frecuentes de sifonóforos calicóforos en la zona norte d el Mediterráneo occidental\* 51 (3) págs 323-338 Septiembre 1987 J. M. GILI, F. PAGE S Institut de Ciencies del Mar. Passeig Nacional, s/n. 08003 Barcelona T. RIERA Depar tament d'Ecologia, Facultat de Biologia. Universitat de Barcelona. 08028 Barcelona

Distribution and ecology of a population of planktonic cnidarians in the western Medite rranean..-M. GILI\*, F. PAG~S I J Departament d'Ecologia, Facultat de Biologia, Univer sitat de Barcelona, Diagonal 645, 08028 Barcelona, Spain. > I " F. VIVES Institut de Ci encias del Mar, Paseo Nacional S/N, 08003 Barcelona, Spain.

Environmental Control of Phase Transition and Polyp Survival of a Massive-Outbreaker Jellyfish Laura Prieto\*, Diana Astorga, Gabriel Navarro, Javier Ruiz.Plos One.

Revista Andalucia Investiga Nº 55 2008.

Boero 2013 Review os jellyfisch Bloom of Mediterranean and Black Sea .GENERAL F ISHERIES COMMISSION FOR THE MEDITERRANEAN .ISSN 1020-9549 STUDIE S AND REVIEWS No. 922013.

### 7. Agradecimientos:

Instituto de Ciencias Marinas de Andalucia(ICMAN).CSIC.Dra Laura Prieto.

Instituto de Ciencias del Mar.CSIC. Barcelona. PhD Elena Guerrero

Jellyfisch Research South Spain. PhD Karen Kienberger

Centro de gestión medio ambiental de Algeciras. Junta de Andalucia..(CEGMA)

Dr. Jose Carlos Garcia Gomez. Universidad de Sevilla. Facultad de Biología.

Dr Alberto Redondo. Universidad de Cordoba. Facultad de Ciencias.

Dra Medina. Instituto de Investigaciones Marinas (IIM). CSIC. Universidad de Vigo.

Club de Buceo CIES de Algeciras.

D. Carlos Serrano Lopez. Buceador.

D. Juan Prieto .Buceador y Profesor del Colegio Huerta de la Cruz.

D.Ismael Bermudez Chavez..Profesor del Colegio Maria Auxiliadora.

Dña.Laura Perez Zarco. Biologa.Autora del gif sobre el funcionamiento de los cnidos.

2015



Departamento de Educación del Parque de las Ciencias de Granada.

Padres y madres de los alumnos autores del trabajo y que nos ayudaron en el seguimiento de los varamientos, la recogida de muestras y la fabricación de los modelos de las medusas:

Enrique y Maite Escobar, padres de Beatriz.

Alvaro Escobar ,estudiante de Biotecnologia de la U de Sevilla y hermano Beatriz.

Esther Galera, madre Mario.

Ines Contreras y Alejandro Contreras madre y hermano de Paola.

Adrian Montenegro, amigo de Paola.

Antonia Gonzalez y Daniel Jaen, padres de Daniel.

Pedro Martinez ,padre de Pedro.

Algeciras 24 de Marzo de 2015

