

Influencia de variables ambientales en los varamientos de medusas en playas del estrecho de Gibraltar. Evolución de las poblaciones observadas y sus ciclos de vida.

L. Prieto¹, K. Kienberger¹, A. Villaescusa², B. Escobar², C. Martínez², N. Torres², M. Jiménez², A. Sánchez², J. Granados², Á. Pérez², P. Pérez², J. M. Mosquera²

¹Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía (ICMAN) CSIC. Campus Río San Pedro s/n Puerto Real (Cádiz)

²Colegio María Auxiliadora. Algeciras (Cádiz)



Foto portada: *Pelagia noctiluca*. Autor: Javier Moreno. Club de Buceo CIES. Algeciras

Índice

1. Resumen

2. Introducción

- 2.1 Estudio comparativo de los ciclos de *P. noctiluca* y *C. tuberculata*

-2.2 Nivel de maduración según los meses del año

-2.3 Hipótesis sobre la migración vertical estacional de *Pelagia noctiluca*

-2.4 Periodicidad de los blooms de *Pelagia noctiluca*

-2.5 Propuesta de esquema que relaciona las condiciones climáticas con los blooms de *Pelagia Noctiluca*

3. Hipótesis de trabajo

4. Objetivos

5. Instrumentación básica para el proyecto

6. Necesidad de conocimientos previos y aptitudes del alumnado

7. Temporalización de las sesiones de trabajo en el ICMAN

Sesión 1

Sesión 2

- Análisis genético para comprobación taxonómica.

Sesión 3

8. Metodología de trabajo

- 8.1 Seguimiento de varamientos y compilación de datos de variables ambientales

-8.2 Estudio comparativo de los ciclos biológicos de *Pelagia noctiluca* y *Cotylorhiza tuberculata*.

9. Resultados y discusión

-9.1 Seguimiento de la población de *P. noctiluca*

-9.2 Fecundación en laboratorio y posterior observación de los ciclos de vida

-9.3 Relación entre las variables ambientales y los varamientos.

10. Bibliografía

11. Agradecimientos

1. Resumen

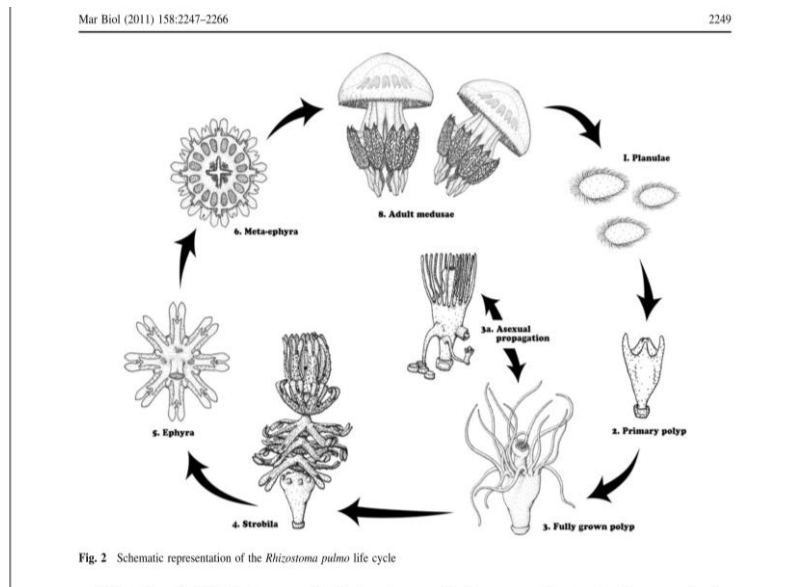
Las explosiones masivas de medusas en las costas españolas son un fenómeno con implicaciones relevantes a nivel socioeconómico. El objetivo de este estudio es combinar los cambios en la abundancia de estos organismos en el estrecho de Gibraltar con varias variables ambientales y analizar su influencia. Desde el 1 de octubre de 2015 al 31 de Marzo de 2016 se han realizado observaciones diarias de abundancia de medusas en tres playas: Rinconcillo, Getares (Algeciras) y Playa Chica (Tarifa). Se ha compilado los datos de velocidad y dirección del viento, de temperatura del agua y del aire y de precipitación, analizando su variabilidad temporal. Gracias a un estudio anterior, realizado por alumnos del mismo centro escolar y dirigido por la misma profesora e investigadora, se ha podido analizar la variación interanual. Los resultados han mostrado que la especie más frecuente y abundante ha sido *Pelagia noctiluca*, hecho que ha permitido a los estudiantes el seguimiento de la población usando diversos indicadores biológicos como el peso, el tamaño, el sexo y el estado de cada espécimen varado en las playas citadas anteriormente. Las diferencias de los ciclos biológicos de *P. noctiluca* y *Cotylorhiza tuberculata* (otra medusa común mediterránea) se ha podido estudiar gracias tanto a experimentos con individuos maduros sexualmente como a la observación de larvas procedentes de los cultivos de laboratorio del ICMAN-CSIC, respectivamente. Este estudio es un ejemplo claro de cómo la ciencia ciudadana, con la implicación directa de estudiantes de instituto supervisados conjuntamente por un investigador y un profesor, puede identificar y localizar especies clave aportando datos relevantes para dar un primer paso que permita relacionar las variables ambientales con la dinámica de las poblaciones de medusas.

Palabras clave: Plancton gelatinoso, *Pelagia noctiluca*, *Cotylorhiza tuberculata*, ciencia ciudadana.

2. Introducción

-2.1 Estudio comparativo de los ciclos de *P. noctiluca* y *C. tuberculata*.

Ciclo reproductor de la mayoría de medusas: Dos fases, una de vida libre, pelágica (medusa) y otra de vida sedentaria, bentónica (pólipo).



Ciclo reproductor de *Pelagia noctiluca*: No existe fase sedentaria (pólipo)

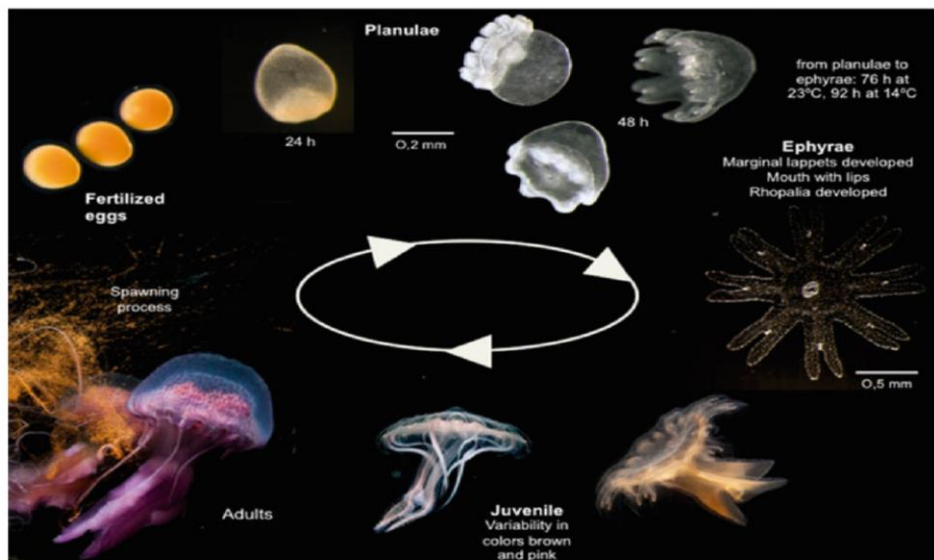


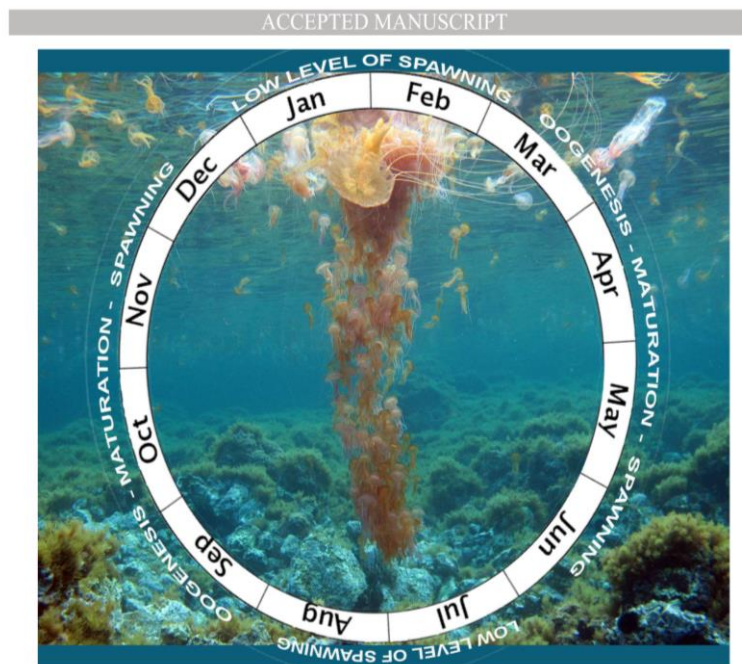
Fig. 11.1 Holoplanktonic life cycle of *Pelagia noctiluca* photographed at the ZAE (Experimental Aquaria Zone at ICM-CSIC in Barcelona) with indications on the sizes and times of developments

Algunos datos de interés sobre la maduración de *Pelagia noctiluca*, sus desplazamientos estacionales y otras características de sus poblaciones son las siguientes:

Pelagia noctiluca es considerada una de las especies más comunes en el Mediterráneo. Tiene un desarrollo directo sin fase bentónica y es un importante consumidor de zooplancton. Los outbreaks de *Pelagia noctiluca* son generalmente descritos de forma negativa ya que causan daños a la economía (la pesca, los cultivos marinos y turismo). Causan también daño al ecosistema marino ya que provocan cambios en la abundancia natural de los organismos planctónicos. Estudios realizados en el estrecho de Messina (Rosa, Pansera, Granata y Guglielmo) concluyen que las bajas precipitaciones, las altas temperaturas y la elevada presión atmosférica parecen tener influencia sobre los outbreaks de *Pelagia*.

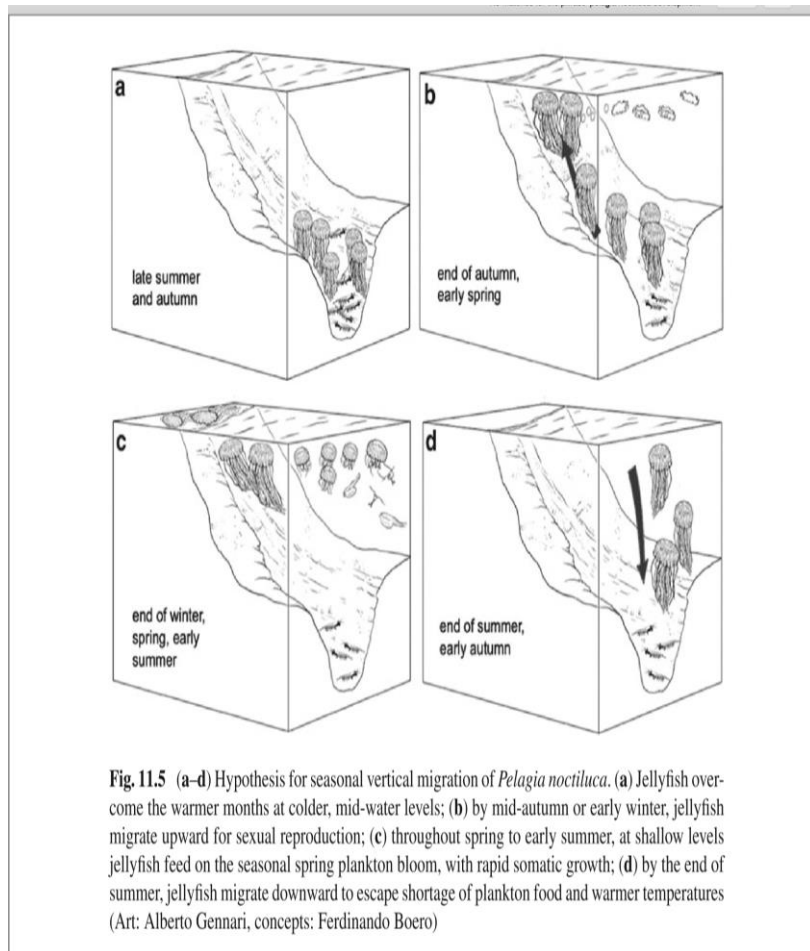
Esta especie ha sido observada desde 1785 (Spallanzani 1799) pero sus outbreaks masivos han llegado a ser frecuentes desde 1999 (Gili et al. 2012).

-2.2 Nivel de maduración según los meses del año



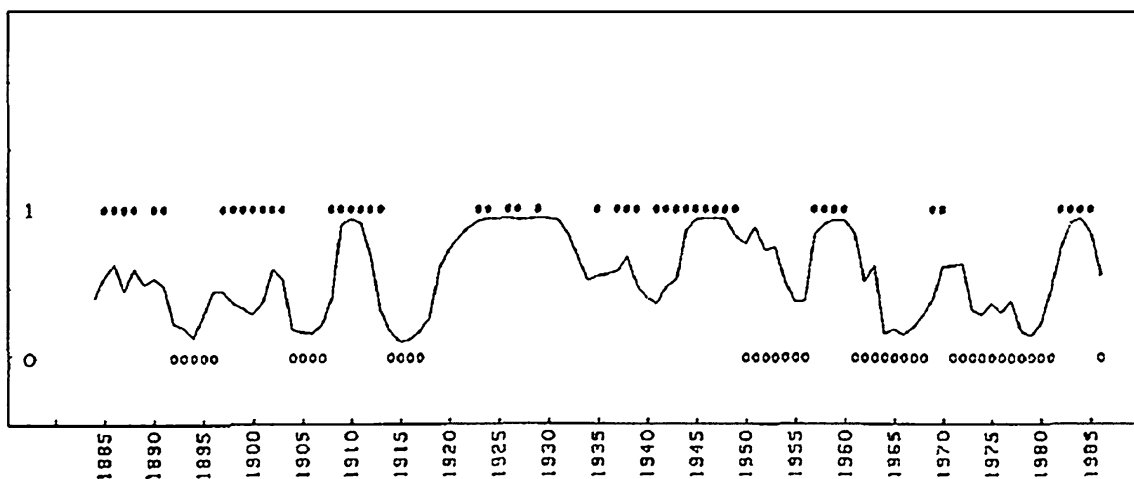
Fuente: “*Pelagia noctiluca* in the Mediterranean Sea”. Cap 11.Gennari y Boero

-2.3 Hipótesis sobre la migración vertical estacional de *Pelagia noctiluca*



Fuente: “*Pelagia noctiluca* in the Mediterranean Sea”. Cap 11.Gennari y Boero

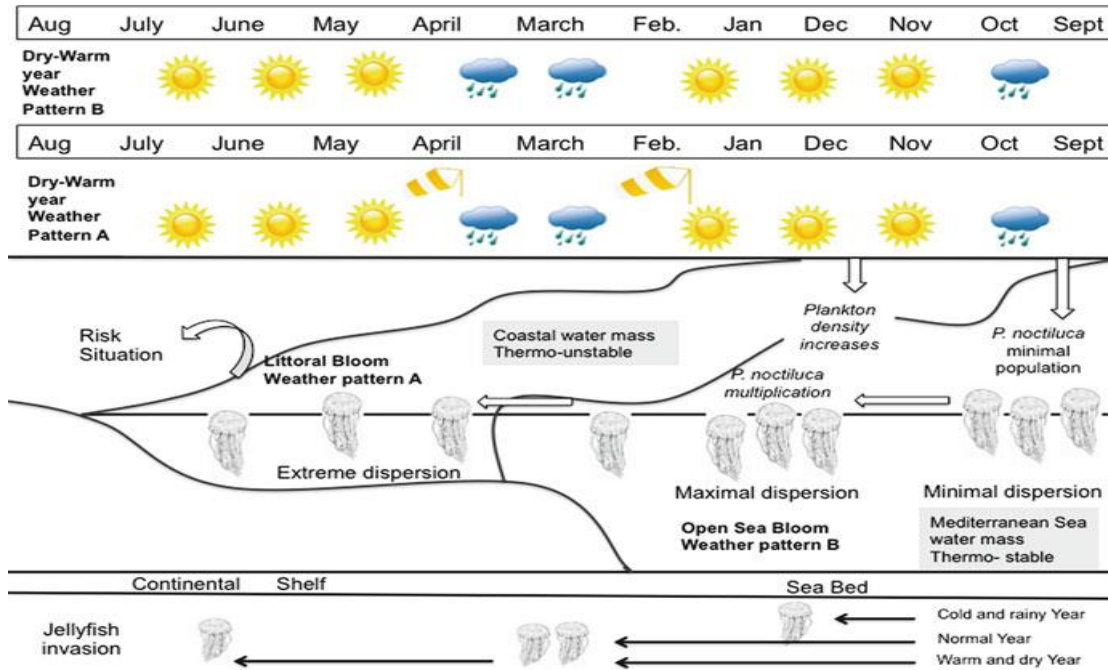
-2.4 Periodicidad de los blooms de *Pelagia noctiluca*



Círculos abiertos: años sin *Pelagia noctiluca*; Círculos cerrados: años con *Pelagia noctiluca*; Línea continua: Probabilidad de blooms de *Pelagia noctiluca*

Fuente: Cap 11 Jellyfish Blooms. *Pelagia noctiluca* in the Mediterranean Sea.

-2.5 Propuesta de esquema que relaciona las condiciones climáticas con los blooms de *Pelagia noctiluca*



Scheme of the proposed model by Rubio and Muñoz (1997),
Fuente: Cap 11 Jellyfish Blooms. *Pelagia noctiluca* in the Mediterranean Sea.

3. Hipótesis de trabajo:

Las condiciones ambientales en sus diferentes escalas de variación, influyen en el varamiento de medusas en las playas.

4. Objetivos:

- Observar y medir las variables ambientales para poder relacionar estas con los varamientos de medusas en nuestras playas.
- Estudiar y comparar los ciclos biológicos de *Cotylorhiza tuberculata* y *Pelagia noctiluca*.
- Conseguir la fecundación en laboratorio de *Pelagia noctiluca* a través de la recogida de ejemplares vivos de esta especie.
- Observar y conocer el método de cultivo de *Cotylorhiza tuberculata* llevado a cabo en el ICMAN.
- Seguir la población de *Pelagia noctiluca* a través de diversas características como son el sexo, el peso y el tamaño de los ejemplares recogidos.

5. Instrumentación básica para el proyecto

La instrumentación básica para llevar a cabo este proyecto, y que se dispone tanto en el ICMAN como en el Centro Educativo es: microscopio digital para toma de imágenes, pinzas, portaobjetos y cubreobjetos, botes para recogida de muestras, guantes para la manipulación de las medusas, probetas, reglas, lupas, ordenador, bolsas con cierre, acuario de 5l.

6. Necesidad de conocimientos y aptitudes previas del alumnado:

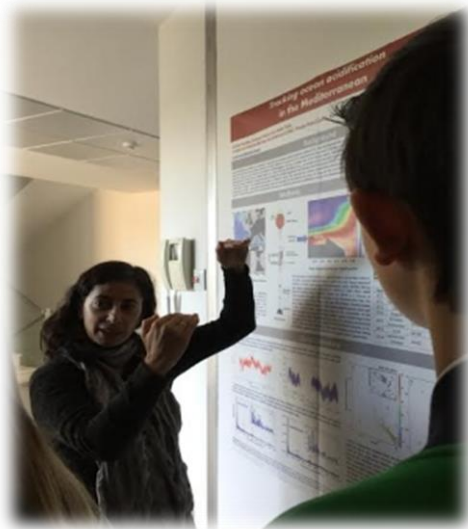
Conocimiento básico del método científico en el proceso de investigación, manejo del microscopio, conocimiento básico de herramientas informáticas y procesadores de datos.

7. Temporalización de las sesiones de trabajo en el ICMAN

-Sesión 1. (10H-13,30H).25 de noviembre 2015

Toma de contacto con el Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía y con el trabajo que se realiza en dicha entidad. Visita a las Instalaciones, Charla coloquio de la Dra. Prieto sobre las condiciones ambientales que pueden influir en la aparición de medusas en una playa determinada en un momento determinado. Escalas de control en el contexto del cambio global.

Imágenes de la primera visita al ICMAN:



La Dra. Prieto durante la visita al ICMAN



El grupo PIIISA en la puerta del ICMAN

Reseña de prensa de la primera visita:

<http://www.europasur.es/article/algeciras/2162814/alumnos/salesianos/participan/proyecto/investigacion.html>

-Sesión 2. (13,30 h a 19h). 11 Febrero 2016

Análisis e interpretación de imágenes y tipificación de las distintas etapas del desarrollo de *Cotylorhiza tuberculata*, "medusa huevo frito", medusa típica de la zona de estudio y que en el ICMAN se dispone de una población en cultivo. Comparación de su ciclo biológico, con el de *Pelagia noctiluca*, la especie más común del Mediterráneo.

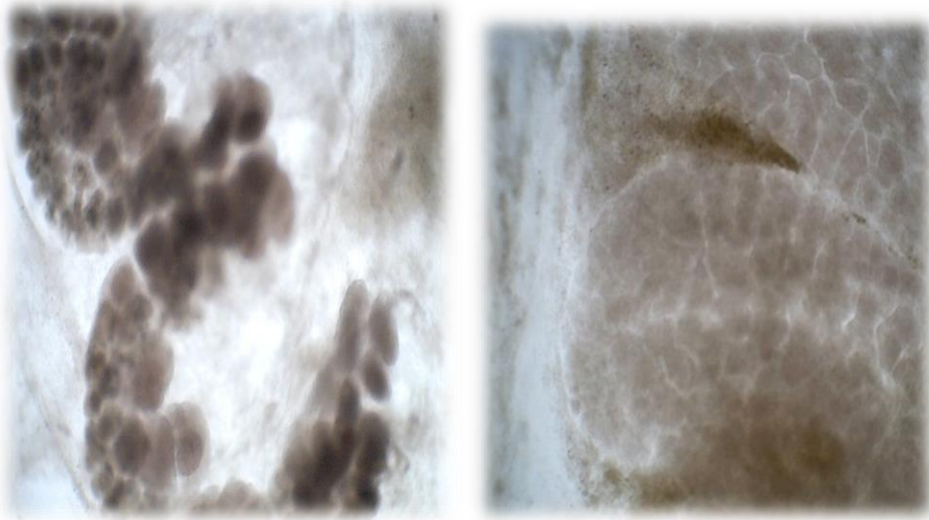
En este caso la sesión se ha realizado en el Centro escolar con el asesoramiento de la estudiante de doctorado Karen Kienberger cuya tesis dirige la Dra. Laura Prieto.

Durante la sesión se ha realizado una parte teórica y otra práctica. La parte teórica se ha basado en las generalidades de los cnidarios, su clasificación y ciclos de vida. La sesión se ha centrado especialmente, en la comparación de los ciclos de vida de *Pelagia Noctiluca* y *Cotylorhiza tuberculata* o *Rizhostoma pulmo* medusas frecuentes en el Mediterráneo y que presentan diferencias sustanciales entre sus ciclos de vida. En la parte práctica se ha profundizado sobre la determinación del sexo en *Pelagia noctiluca*, realizándose comprobaciones al microscopio mediante preparaciones de gónadas de los ejemplares recogidos.

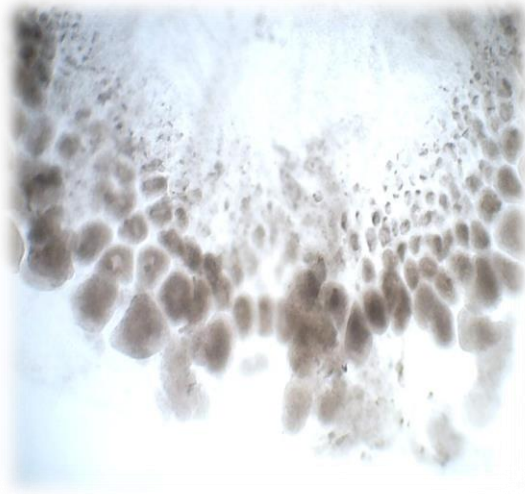
También se ha debatido sobre los datos de varamientos recogidos hasta el momento, y comprobado de forma experimental como se prepara una muestra para realizar la genética de un ejemplar recogido y del que se quiere averiguar su taxonomía y se ha realizado una simulación de como preservar una muestra para su posterior análisis genético.



Alumnos trabajando en el laboratorio



Gonadas de hembra y macho de *Pelagia* al microscopio digital(50x)



Gónadas hembra de *P. noctiluca*. Microscopio digital (50x)



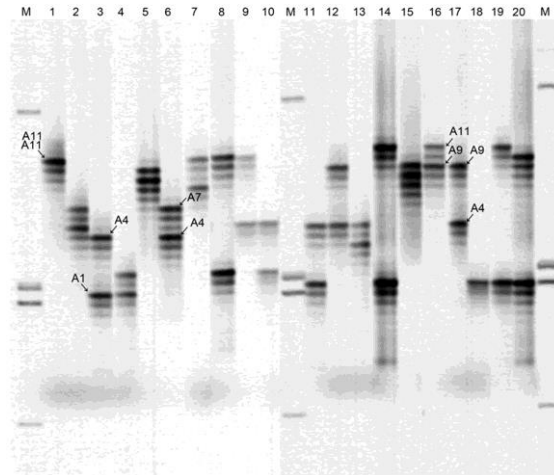
Determinando sexo en *Pelagia noctiluca*

-Análisis genético para comprobación taxonómica. Cómo realizarlo.

La definición de especie biológica constituye hoy en día un problema. Tradicionalmente se ha definido como especie a un grupo de organismos capaces de reproducirse entre sí y producir una descendencia fértil. Sin embargo, dicha definición no es del todo precisa en aquellos organismos que, como el caso de bacterias, no poseen una reproducción sexual propiamente dicha. Existen de este modo diferentes criterios para definir lo que es una especie, basados fundamentalmente en la combinación de datos morfológicos, ecológicos y genéticos. No obstante, la diversidad de criterios supone un problema a la hora de definir de forma unificada una nueva especie o adscribir un grupo de individuos a una especie preexistente, constituyendo lo que se conoce como el "problema de las especies".

El descubrimiento del DNA como portador de la información genética revolucionó el estudio taxonómico de las especies, mejorándolo pero también planteando nuevos interrogantes como el problema de las especies. Cada especie posee en su DNA un conjunto de genes característico (su genoma) que lo diferencia del resto de especies, siendo ésta una herramienta muy poderosa para la identificación molecular de las mismas. Aún más, el estudio individualizado de cada uno de los nucleótidos que constituyen el genoma permite incluso discriminar entre dos individuos cualquiera pertenecientes a una misma especie. Esta "huella" genética es actualmente utilizada

en estudios de genética forense para identificar sospechosos de crímenes, cadáveres y realizar pruebas de paternidad, entre muchas otras aplicaciones.



Estudio de la huella genética (DNA fingerprinting) en el DNA de diferentes osos panda para llevar a cabo estudios de paternidad. Estos análisis poseen mucha importancia para la conservación genética de las poblaciones. © 2011 Li et al. Chinese Sci. Bull. 56:2559-2564.

El estudio del material hereditario es imprescindible para identificar características genéticas propias de una especie, permitiendo diferenciarlas de otras especies evolutivamente cercanas en aquellos casos en los que el estudio de rasgos morfológicos es insuficiente.

DNA Taxonomy

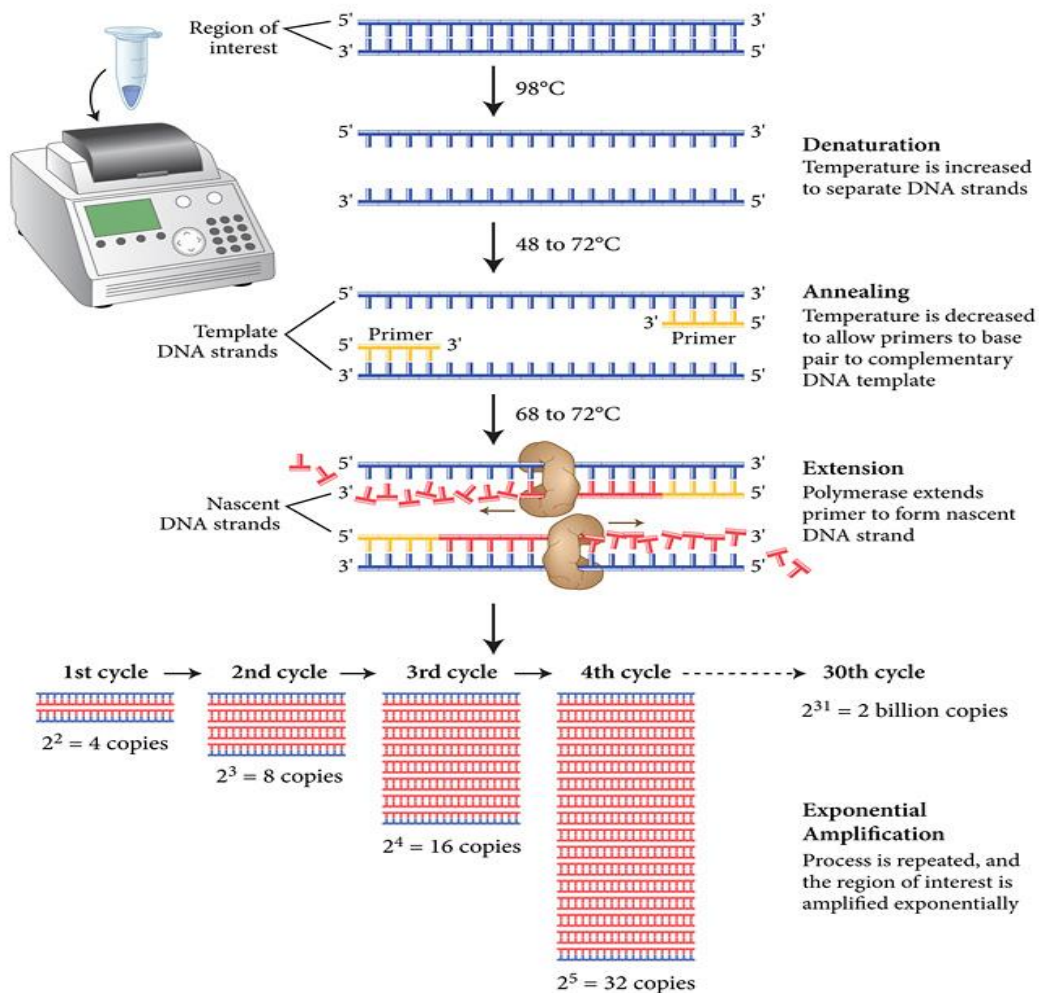


Fuente:<http://image.slidesharecdn.com/identificadonuevasespeciesmedianeanalisisgenetico-breveintroduccion-150226101102-conversion-gate01/95/talk-01-identificacion-de-nuevas-especies-aspectos-breves-del-analisis-genetico-6-638.jpg?cb=1424961885>

¿Qué es la PCR?

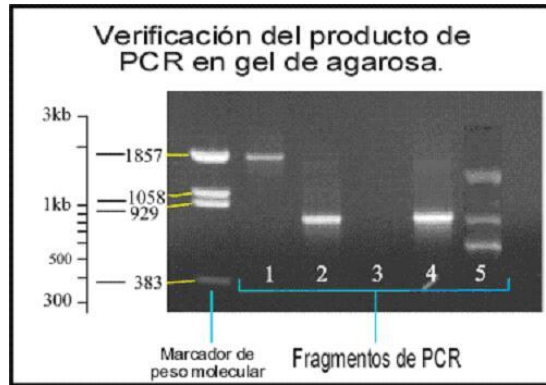
La reacción en cadena de la polimerasa, conocida como PCR por sus siglas en inglés (Polymerase Chain Reaction), es una técnica de biología molecular desarrollada en 1986 por Kary Mullis, 1. Su objetivo es obtener un gran número de copias de un fragmento de ADN particular, partiendo de un mínimo; en teoría basta partir de una única copia de ese fragmento original, o molde.

Esta técnica sirve para amplificar un fragmento de ADN; su utilidad incluye la clonación de ADN para la secuenciación, la filogenia basada en ADN, el análisis funcional de genes, el diagnóstico de trastornos hereditarios, la identificación de huellas genéticas (usada en técnicas forenses y test de paternidad) y la detección y diagnóstico de enfermedades infecciosas.



Fuente:

<https://www.neb.com/~media/NeBUs/Page%20Images/Applications/DNA%20Amplification%20and%20PCR/pcr.jpg>



Una vez amplificada la molécula del DNA que se desea, se coloca la muestra en gel de poliacrilamida, en el que se agrega azul de bromofenol que nos permitirá visualizar cómo la muestra corre a través del gel, para lo que se emplea corriente eléctrica a 100 mV, durante 30 a 40 minutos. De acuerdo con el tamaño de la molécula de ADN, será la distancia que correrá en el gel; posteriormente este se tiñe con bromuro de etidio que permite visualizar la extensión en forma de bandas con el empleo de luz ultravioleta. La banda obtenida se compara con un marcador de peso molecular para poder establecer su tamaño y así verificar si corresponde al fragmento que se busca o se puede correr al mismo tiempo que un control conocido y establecer comparaciones entre ambas bandas. (fig. 1). El material biológico a partir del cual se pueden obtener muestras para el análisis del DNA es múltiple e incluye sangre, piel, semen, cabellos, material de biopsia, o puede conseguirse a partir de los instrumentos utilizados para la recolección de las muestras como son, cepillos.

Ensayando como preservar una muestra para su análisis genético:



Esterilizar el instrumental para recogida y enfriar a continuación



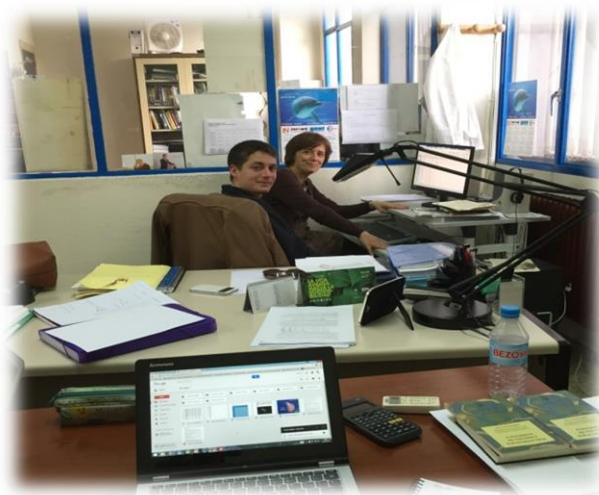
Recoger la muestra, secar y colocar en un tubo espendorf con alcohol de 96º

Una vez hecho esto se sella el tubo con parafina, y se etiqueta convenientemente anotando los datos que permitan identificar posteriormente la muestra

Sesión 3. (5 horas).17 Marzo y (5 horas) 7 de Abril de 2016

Análisis de datos tomados a lo largo del tiempo ¿Podemos sacar conclusiones? ¿Qué nos aporta un estudio realizado a lo largo de sólo unos meses?, ¿Qué necesita el trabajo científico para ser concluyente según las escalas de variación?, ¿Qué importancia tienen nuestros datos? Hacer una reflexión a los alumnos sobre el significado del trabajo de investigación. Discusión y conclusiones.

Esta sesión la hemos realizado en dos espacios, en la Escuela Politécnica Superior de Algeciras con la profesora Álvarez del Dpto. de Estadística para el tratamiento de datos obtenidos de nuestras observaciones, y en el ICMAN para la discusión y conclusiones sobre estos datos con la Dra. Prieto



Uno de los alumnos, con la Profesora Álvarez



Los alumnos en el Dpto. de Estadística de la EPS



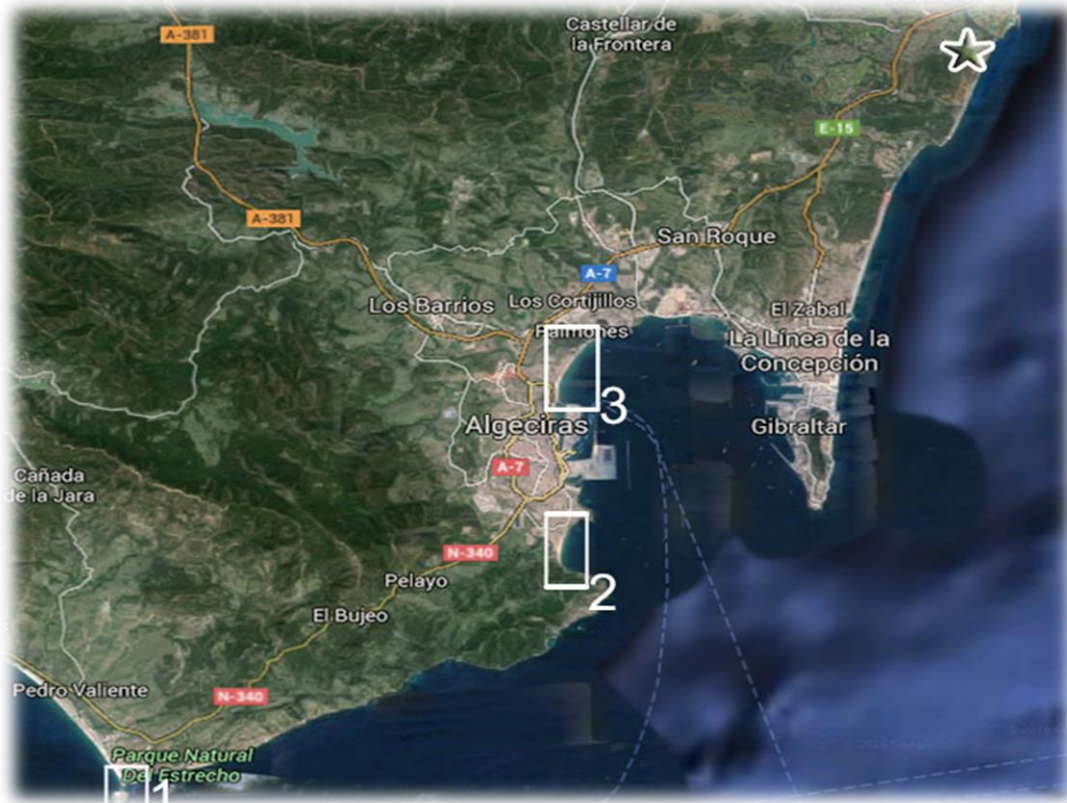
Los alumnos con la Dra. Prieto en el ICMAN. Discusión de resultados y conclusiones.



8. Metodología de trabajo:

-8.1 Seguimiento de los varamientos y compilación de datos de variables ambientales.

Se ha realizado un seguimiento diario de posibles varamientos desde el día 7 de octubre de 2015 en las playas de Algeciras (Rinconcillo y Getares) y Tarifa (Playa Chica y Los Lances) hasta el día 29 de febrero. Esto se lleva a cabo en turnos diarios en los que participan la profesora y los 8 alumnos que realizan el proyecto.



1 Los Lances y Playa Chica en Tarifa 2 Getares 3 Rinconcillo ambas en Algeciras

Los datos sobre las variables ambientales se han tomado de distintas páginas webs en el caso del curso 14-15, y 15-16. En la imagen aparece señalada con una estrella, la estación de la Agencia Estatal de Meteorología (Guadiaro –San Roque). Esa estación nos ha permitido obtener los históricos de dirección y velocidad del viento para ambas playas.

A través de otras páginas webs se han obtenido la temperatura del aire y los valores de precipitación.

<http://seatemperature.info/es/mar-mediterraneo-temperatura-del-agua-del-mar.html>

<http://datosclima.es/Aemethistorico/Descargahistorico.html>

<http://www.accuweather.com/es/es/spain-weather>

http://portus.puertos.es/Portus_RT/?locale=es

<http://www.aemet.es/es/eltiempo/observacion/satelite/pderiv>

<http://www.eltiempo.es/playas/>

En el caso del curso 14-15 la temperatura de la superficie del mar se ha obtenido de los históricos procedentes de la base de datos del Laboratorio de Vigilancia y Control de Contaminación de la Junta de Andalucía localizado en Palmones. Las estaciones de muestreo se encuentran en las playas estudiadas.



Con flecha roja, estación situada en la Playa del Rinconcillo .En verde, Playa de Getares

Los cálculos para pasar a valores numéricos las direcciones del viento se han realizado de la siguiente forma: se ha atribuido a cada dirección un valor en grados dependiendo del ángulo que el viento forme respecto del norte. Esta dirección se ha transformado a radianes (θ). Para estimar las componentes u y v de velocidad del viento (V_v) se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$u = V_v \cdot \sin(\theta)$$

$$v = V_v \cdot \cos(\theta)$$


Con estos datos se han podido representar las componentes zonal (u) W-E, y meridional (v) S-N

Todas las tablas con los datos de varamientos y variables ambientales estudiadas se encuentran en la carpeta de google drive a la que se accede con el siguiente correo: **medusas1516@gmail.com** y con el password **salesianos**


Por otro lado para contabilizar las medusas varadas, se utiliza el método aconsejado por el CSIC y que aparece en la tabla siguiente:

Hoja de avistamientos medusas			
Fecha:		Lugar:	
Observador:		Coordenadas:	


Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía, ICMAN (CSIC)
 Email: lp@csic.es
 Persona de contacto en Marina del Este (Almuñécar)
 Karen: Tel. 622-32-64-39




Pelagia noctiluca (hasta 15 cm)




Rhizostoma pulmo (hasta 100 cm)




Physalia physalis (hasta 30 cm)




Cotylorhiza tuberculata (hasta 35 cm)




Aurelia aurita (hasta 25 cm)




Ctenophoro Mnemiopsis leidyi (8 cm)



Carybdea marsupialis (hasta 6 cm)



Chrysaora hysoscella (hasta 30 cm)



Velella velella (hasta 8 cm)

Meteorología				Estado del mar			
Sol	Sol/Nubes	Nubes	Lluvia	Plana	Marejadilla	Marejada	Mar de Fondo

Viento				Corriente			
Dirección	Débil	Moderado	Fuerte	Dirección	Débil	Moderado	Fuerte

ABUNDANCIA (¿Cuántas has visto?)						
	1 indiv.	2-5 indiv.	6-10 indiv.	11-99 indiv.	más de 100	no definida
<i>Pelagia noctiluca</i>						
<i>Cotylorhiza tuberculata</i>						
<i>Rhizostoma pulmo</i>						
<i>Aurelia aurita</i>						
<i>Chrysaora hysoscella</i>						
<i>Velella velella</i>						
<i>Physalia physalis</i>						
<i>Carybdea marsupialis</i>						
<i>Ctenophoro</i>						
Sin identificar						



-También se ha tomado nota de las características de la población de *Pelagia noctiluca* recogiendo muestras de 30 ejemplares como mínimo en cada varamiento, y anotando los siguientes datos:

Estado de conservación de los ejemplares sobre todo, estado de las gónadas, si estas están o no llenas)

Sexo

Tamaño (diámetro umbrela)

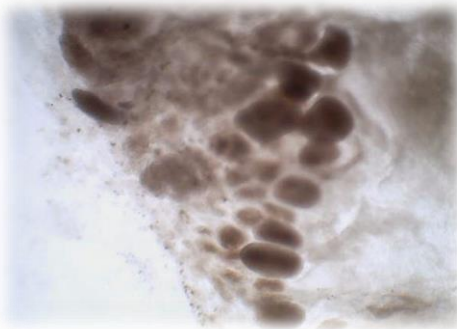
Ejemplares recogidos el 7 de Octubre de 2015



Diferenciando machos de hembras de *Pelagia noctiluca*

-8.2 Estudio comparativo de los ciclos biológicos de *C. tuberculata* y *P. noctiluca*

Gónadas de una hembra de *Pelagia noctiluca* 7 /10/15 Microscopio digital 100x-



Se ha realizado una comparativa con el ciclo biológico de *Cotylorhiza tuberculata*, que se lleva estudiando en el ICMAN desde hace varios años. Para ello, se han utilizado como referencia para *C. tuberculata* las imágenes grabadas por los alumnos en el colegio durante el curso 14-15 y las grabadas también a partir de una muestra entregada por la Dra. Prieto en el mes de marzo 2016. Esta muestra forma parte de las que posee el ICMAN y que se conservan en cámara de cultivo entre 17,5 y 18°C, con alimentación periódica a base de rotíferos. A los pólipos una vez a la semana, y a las medusas, tres veces a la semana

En las imágenes las cámara y los botes de cultivo de *Cotylorhiza tuberculata*



-Para llevar a cabo la fecundación de *Pelagia noctiluca* se han tomado como referencia los experimentos llevados a cabo por Karen Kienberger y que consisten en lo siguiente:

Recoger como mínimo, 4 hembras y 2 machos sanos directamente del agua (no varados en la playa). Para tener animales fértiles, tienen que tener más de 6cm de diámetro y tener las gónadas llenas. Meterlos en bolsas de plásticos por separados para transportarlos.

En el laboratorio:

Día 1

Con mucho cuidado poner 2 hembras con 1 macho en una acuario de 5l. Se puede cambiar el agua una vez al día o poner oxigenación muy suave.

Día 2

Ir mirando por la mañana, cuando las hembras van soltando los huevos. Sacar los huevos con una pipeta e incubarlos en un bote de cristal de 250ml lleno con agua del mar limpia. No poner demasiados huevos en un bote, usar para una puesta 3-4 botes.

Día 3

Después de 24 horas ya se debería ver los huevos transformarse en plánulas. A ojo se puede ver las plánulas moviéndose. Usar un foco para verlos. Una vez al día ir cambiando la mitad del bote con agua nueva.

Día 4

Si hay una densidad demasiado alta, llevar la mitad de las plánulas a un bote nuevo. Una vez al día ir cambiando la mitad del bote con agua nueva.

Después de 7 días

Las plánulas se transforman a éfiras. Hay que empezar a alimentarlas. En el caso de tener una manga de plancton y fácil accesibilidad al mar, lo ideal es alimentarlas con plancton natural. Sino, con zooplancton de cultivo (rotíferos, artemias,...)

Otro posible método de trabajo puede ser el siguiente:

-Recoger ejemplares maduros siguiendo las indicaciones anteriores.

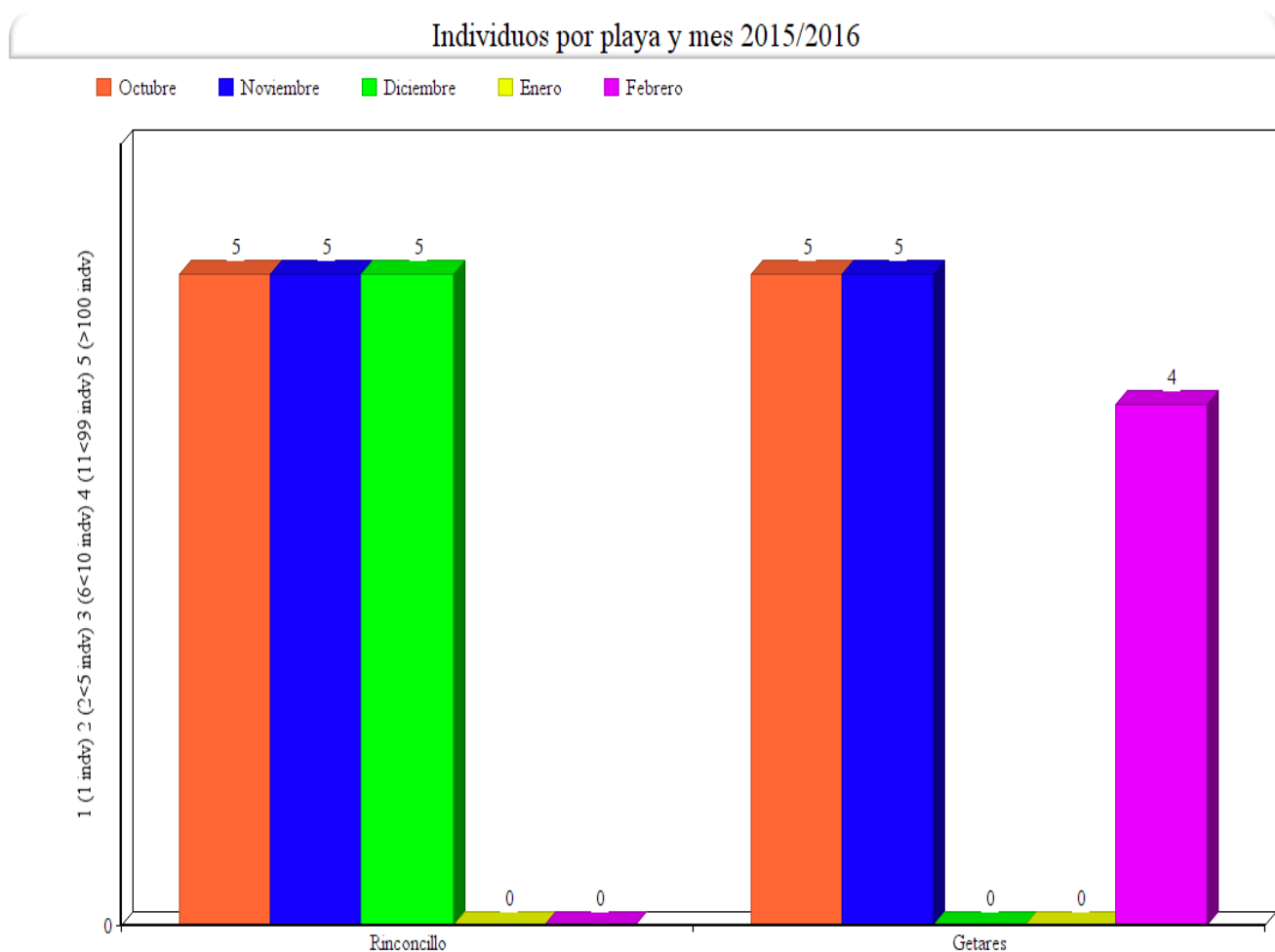
-Utilizar una jeringuilla para extraer gametos y pasarlos a un bote de 200 ml de agua de mar limpia y filtrada previamente. También pueden extraerse directamente las gónadas y colocarlas igualmente en los botes citados anteriormente, removiendo el agua para favorecer la mezcla de gametos (Massimo Avian. Temperature influence on in vitro reproduction and development of *Pelagia noctiluca*. Dpto de Biología. U. de Trieste)

9. Resultados y discusión

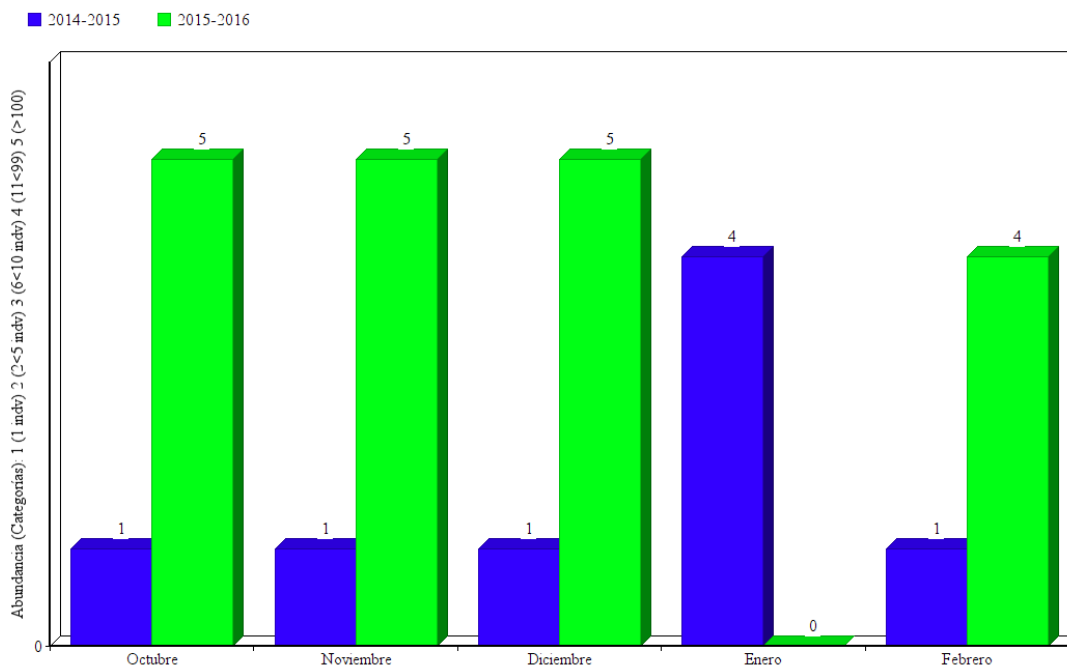
-9.1 Seguimiento de la población de *P. noctiluca*

Se ha realizado el estudio de la población de *Pelagia* haciendo un análisis descriptivo del comportamiento de distintas medidas de interés en dicha población, tales como: tamaño, peso, estado de conservación en el varamiento y género.

Los varamientos se han clasificado siguiendo los códigos de la ficha empleada por el CSIC y que aparece en el apartado de Metodología



Comparativa interanual de varamientos



La muestra recogida en nuestras visitas diarias a las playas ha sido de 470 individuos, repartidos de la siguiente forma:

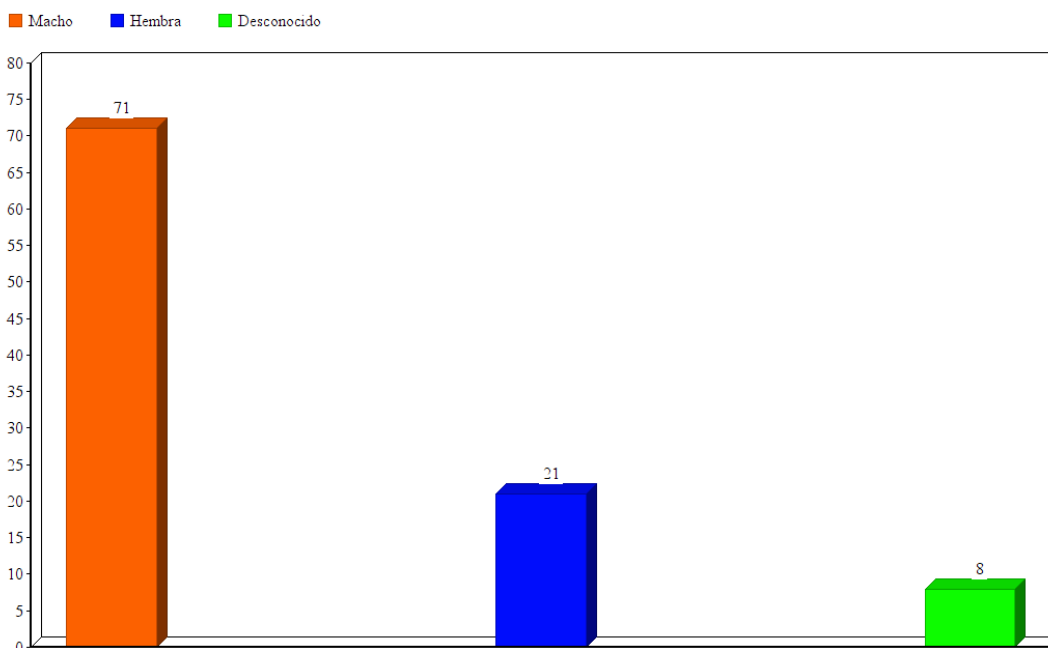
	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO
GETARES	106	158	0	0	14
RINCONCILLO	95	52	45	0	0
TARIFA	0	0	0	0	0
TOTAL	201	210	45	0	14

La muestra real para la observación de sexos y medición de pesos y tamaños ha sido en realidad, de 410 individuos ya que 60 de ellos recogidos en el Rinconcillo, no llegaron en buen estado al laboratorio.

Reparto de la población según género:

GÉNERO	Muestra total	Getares	Rinconcillo
Hembra	86	62	24
Macho	290	243	47
Desconocido	34	18	16
Total	410	323	87

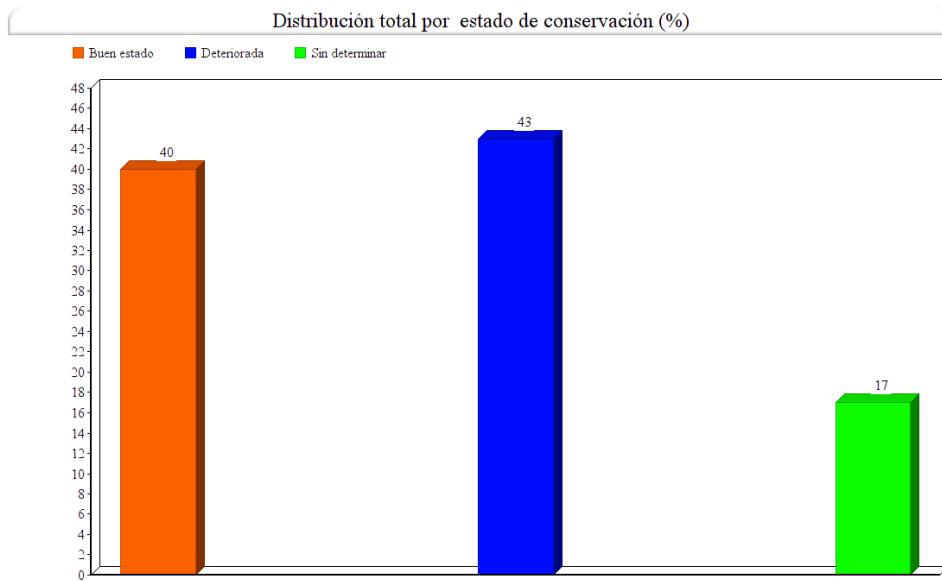
Distribución total por género (%)



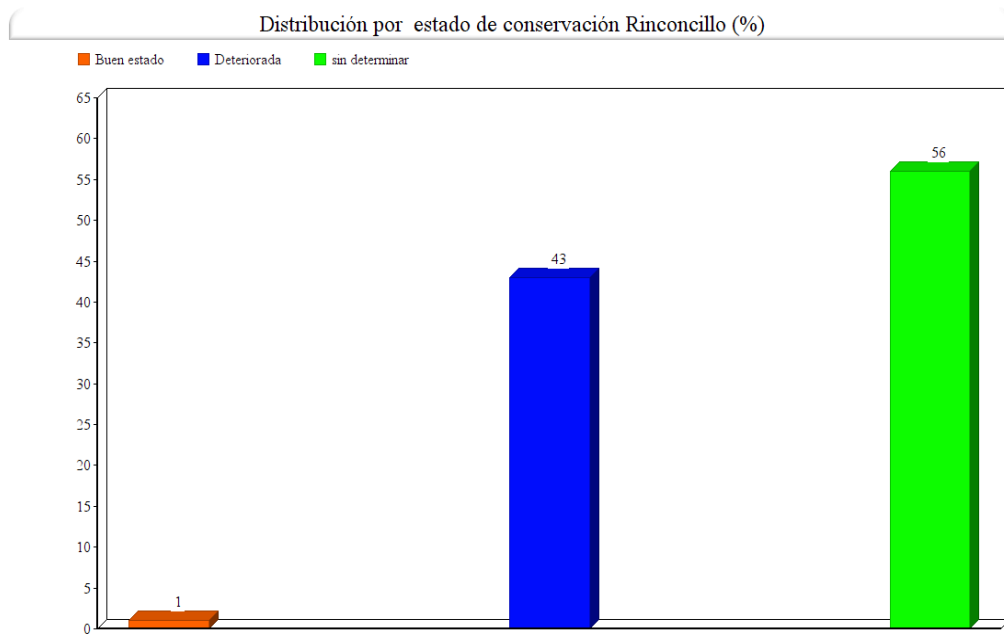
A la vista de los resultados podemos ver que la diferencia entre el número de machos y hembras difiere de la encontrada en estudios previos sobre *P. noctiluca*.

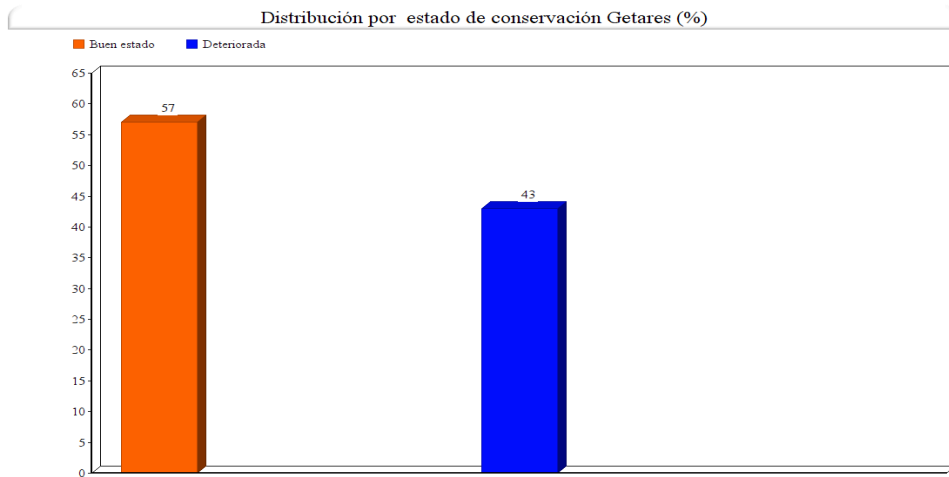
Reparto de la población según estado de conservación:

Estado	Muestra total	Getares	Rinconcillo
Buen estado	187	185	2
Deteriorada	201	138	63
Sin determinar	82	0	82
Total	470	323	147

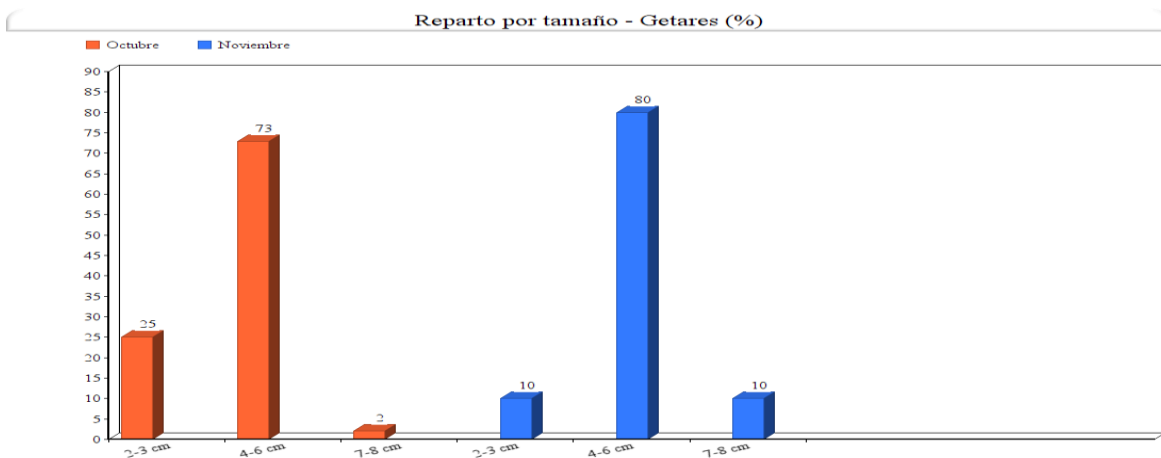
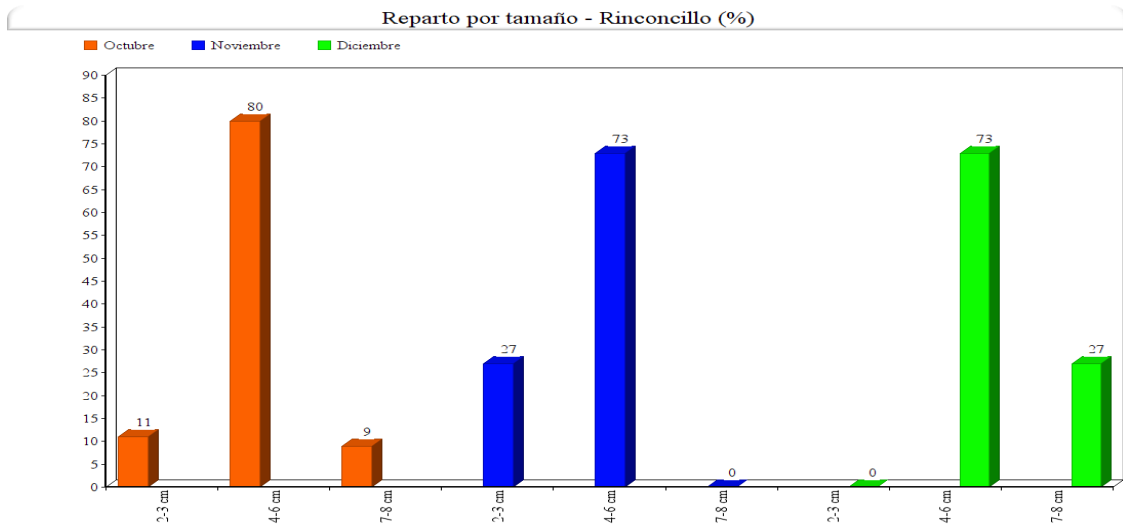


Distribución del estado de conservación por playas:





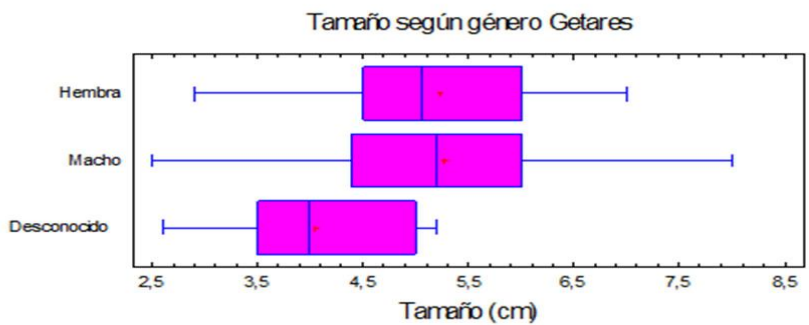
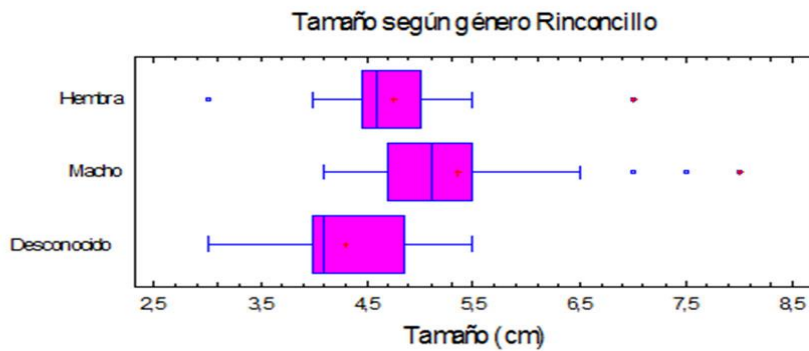
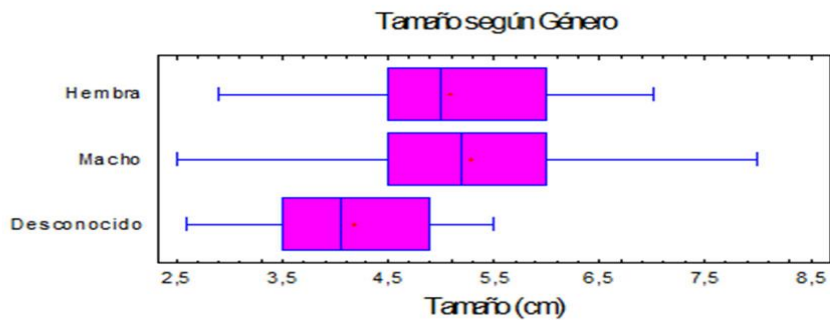
Reparto de la población según tamaños:



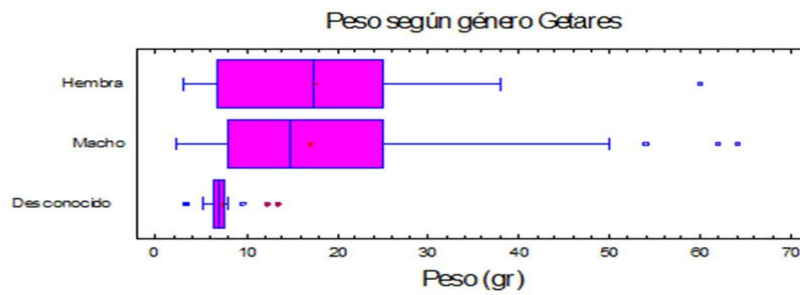
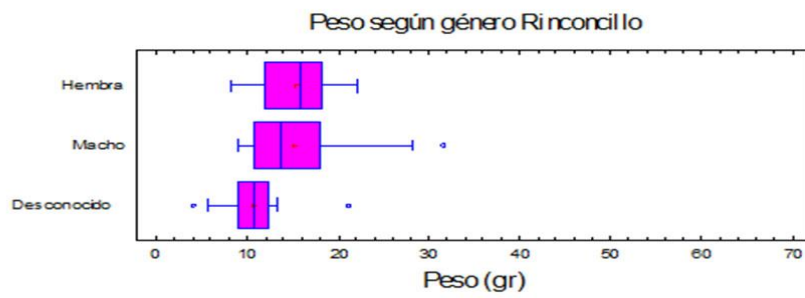
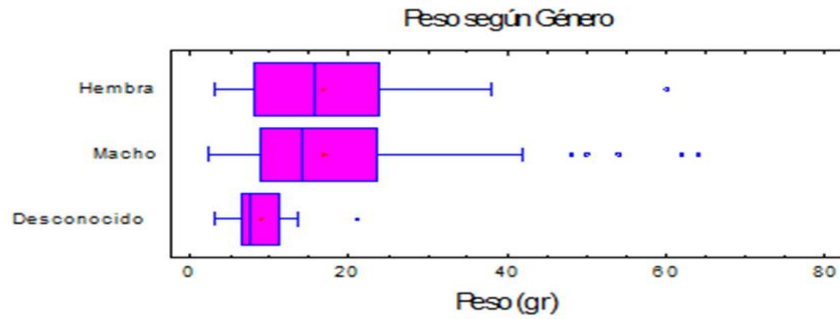
Estudios comparativos entre variables:

Se han usado distintos gráficos, entre ellos el de cajas y bigotes (box and whisker plot), donde se reflejan distintas medidas descriptivas de interés de los datos, sobre todo a la hora de estudiar si variables tales como tamaño y peso son independientes o no de factores como género o estado.

Tamaño según Género: muestra total (410 individuos):



-Peso según Género: muestra total (410 individuos):



Tablas de comparaciones múltiples

Tamaño por Género:

Género	Frecuencia	Media(cm)	Grupos
Hembra	86	5,08953	X
Macho	290	5,27655	X
Desconocido	34	4,16176	X

Tabla ANOVA Tamaño según Género (410 individuos)

Análisis de la Varianza

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	38,1528	2	19,0764	16,87	0,0000
Intra grupos	460,121	407	1,13052		
Total (Corr.)	498,274	409			

Peso por Género

Género homogéneos	Frecuencia	Media (gr)	Grupos
Hembra	86	16,9133	X
Macho	290	16,7649	X
Desconocido	34	8,89118	X

- Tabla ANOVA Peso según Género (410)

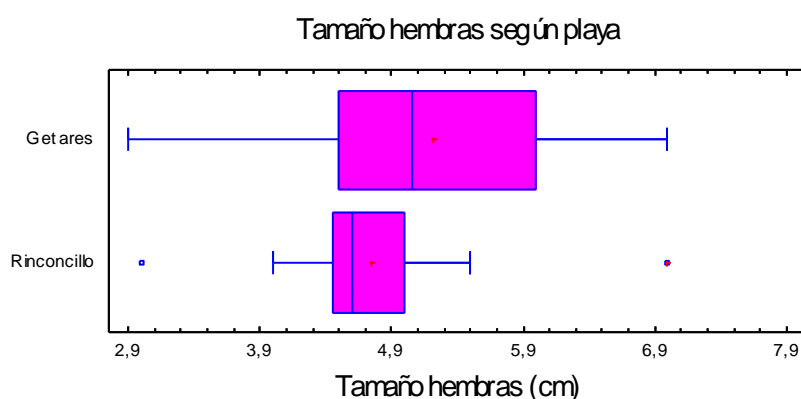
Análisis de la Varianza

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	1951,21	2	975,603	9,53	0,0001
Intra grupos	41663,2	407	102,367		
Total (Corr.)	43614,4	409			

No hay diferencias significativas ($\alpha=0.05$) en los tamaños y pesos medios de hembras y machos, y sí entre estos y los de los desconocidos. La razón puede estar en que los desconocidos sean inmaduros, y por tanto más pequeños y de menor peso.

- Estudio de Tamaño según Playa, por sexos

Entre Hembras (86 individuos)



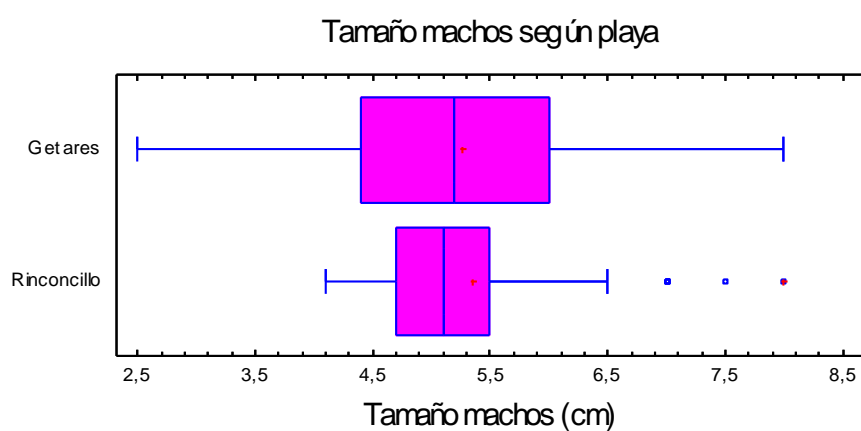
Análisis de la Varianza .ANOVA

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	3,93261	1	3,93261	4,07	0,0468
Intra grupos	81,128	84	0,965809		
Total (Corr.)	85,0606	85			

Hay diferencia significativa ($\alpha=0.05$) entre los tamaños de las hembras en ambas playas.

Playa homogéneas	Frecuencia	Media (cm)	Grupos
Rinconcillo	24	4,74583	X
Getares	62	5,22258	X

Entre Machos (290 individuos)



Análisis de la Varianza ANOVA

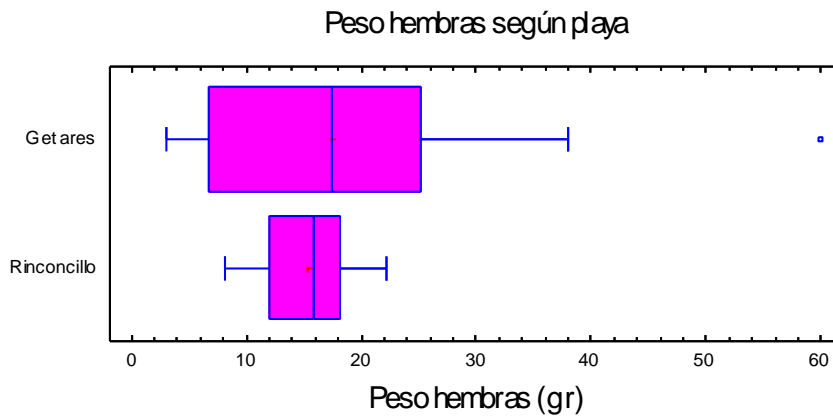
Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,260349	1	0,260349	0,21	0,6467
Intra grupos	356,26	288	1,23701		
Total (Corr.)	356,521	289			

No hay diferencia significativa ($\alpha=0.05$) entre los tamaños de los machos en ambas playas.

Playa homogéneos	Frecuencia	Media (cm)	Grupos
Getares	243	5,26337	X
Rinconcillo	47	5,34468	X

Estudio de Peso según Playa, por sexos

Entre Hembras (86 individuos)



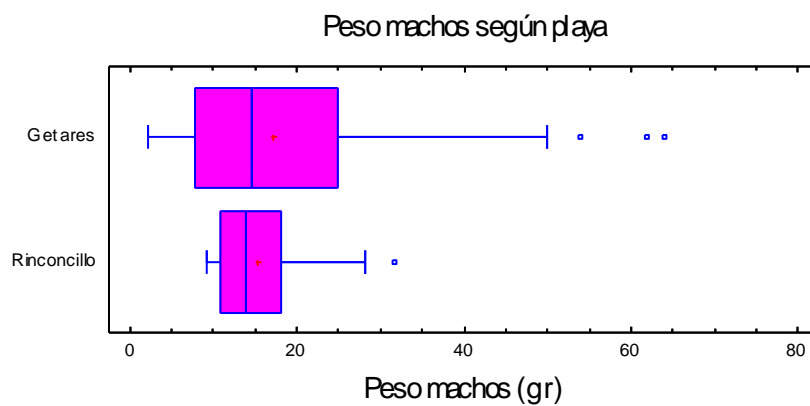
Análisis de la Varianza.ANOVA

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	76,2329	1	76,2329	0,74	0,3923
Intra grupos	8661,49	84	103,113		
Total (Corr.)	8737,72	85			

No hay diferencia significativa ($\alpha=0.05$) entre los pesos de las hembras en ambas playas.

Playa homogéneas	Frecuencia	Media (cm)	Grupos
Rinconillo	24	15,4	X
Getares	62	17,499	X

Entre Machos (290 individuos)



Análisis de la Varianza

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	131,485	1	131,485	1,17	0,2802
Intra grupos	32357,4	288	112,352		
Total (Corr.)	32488,9	289			

No hay diferencias significativas ($\alpha=0.05$) entre los pesos de los machos en ambas playas.

Playa homogéneas	Frecuencia	Media (cm)	Grupos
Rinconillo	47	15,2338	X
Getares	243	17,061	X

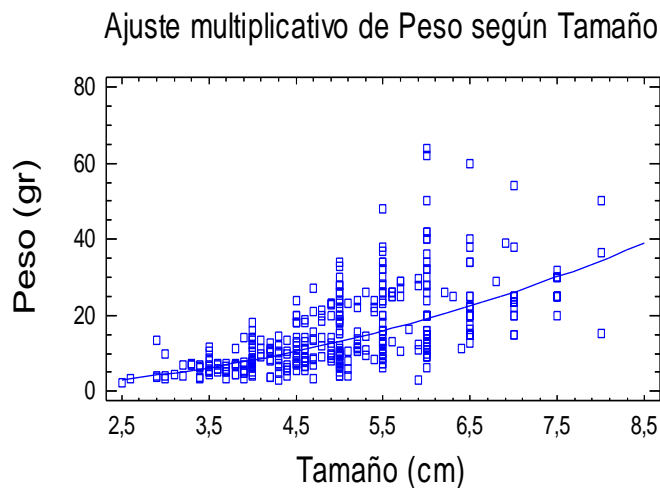
-Estudio correlacion tamaño peso

Muestra total (410 individuos):

Comparación de Modelos Alternativos

Modelo	Correlación	R-cuadrado
Multiplicativo	0,6973	48,62%
Doble inverso	0,6861	47,07%
Exponencial	0,6846	46,87%
Raiz cuadrada-Y	0,6667	44,45%
Raiz cuadrada-X	0,6229	38,80%
Lineal	0,6223	38,73%

Existe una correlación moderada entre las variables, pero los coeficientes desprecian que la bondad de los modelos recogidos en la tabla es baja.

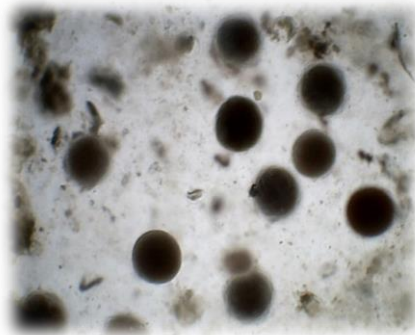


-9.2 Fecundación en laboratorio, y posterior observación de los ciclos de vida de *P. noctiluca* y *C. tuberculata*

En el primer intento de fecundación el día 10 de noviembre no se han obtenido buenos resultados; se colocaron en pecera esférica con aireación suave, dos machos y una hembra, al cabo de tres horas la hembra había expulsado gran cantidad de huevos. Algunos de ellos fueron extraídos mediante una pipeta y colocados con agua de mar limpia en dos recipientes de unos 250 ml cada uno para observar su desarrollo posterior al cabo de 24 h. No fue viable el resultado, no observándose plánulas en ninguno de los dos recipientes preparados para el efecto. Se asume que los machos empleados no eran maduros y los huevos por tanto no fueron fertilizados. No se han podido obtener de nuevo ejemplares vivos, por lo que un segundo intento ha sido inviable.



Uno de los machos utilizados para el intento de fecundación



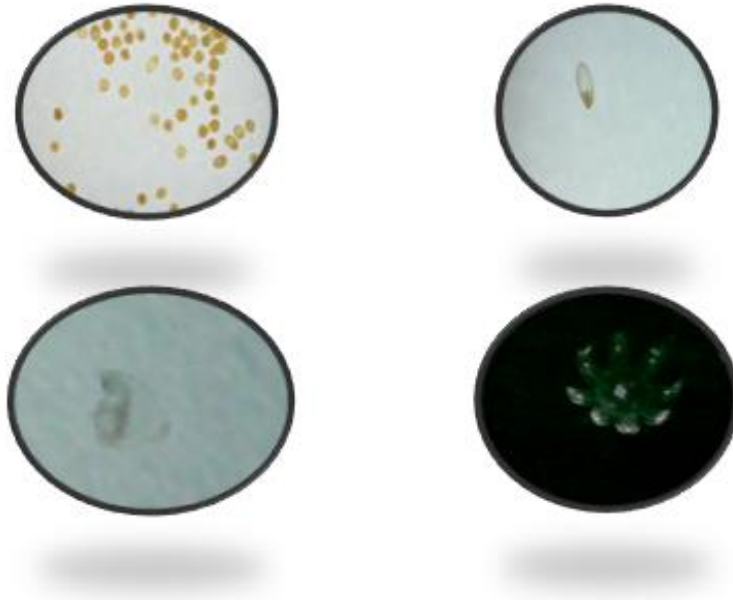
Huevos expulsados por la hembra en el primer intento de fecundación

Más imágenes y videos en:

<https://drive.google.com/drive/folders/0B96YmIRpMHR3aDNuRUI3UTZSakU>

En la imagen siguiente, el ciclo vital de *Pelagia noctiluca*: huevos, plánulas (1 día) y éfiras de 3 y 6 días. Cortesía de Karen Kienberger.

Ciclo de *Pelagia noctiluca*



En las imágenes, tomadas en el laboratorio escolar con microscopio digital (curso 14-15) el ciclo vital de *Cotylorhiza tuberculata* :



Escifostoma 100x

Estróbilo 50x



Estróbilo 100x

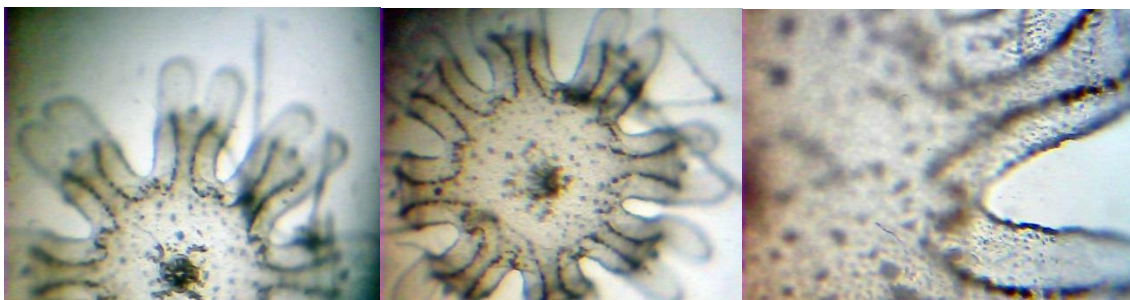
Éfira 100x



Éfira 100x

Imágenes tomadas de una muestra procedente del ICMAN, Marzo. Curso 15-16. Fotos tomadas por los alumnos

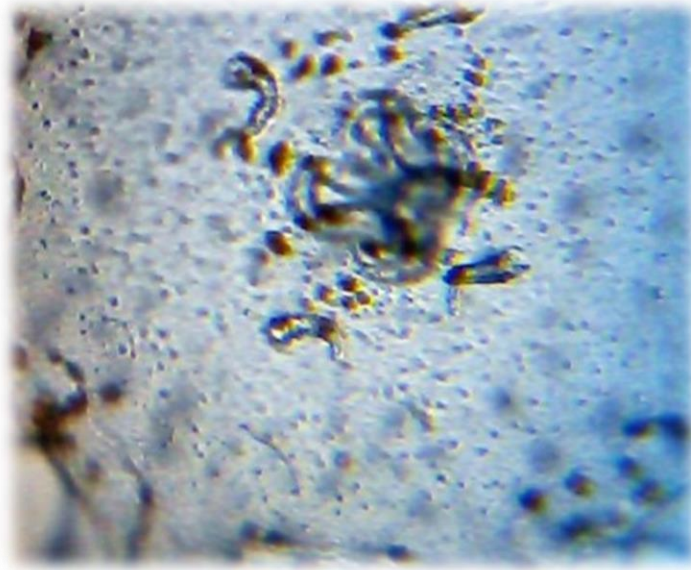
Éfiras



4x (zoom óptico) 1024x (zoom digital)

4x (zoom óptico) 1024x (zoom digital)

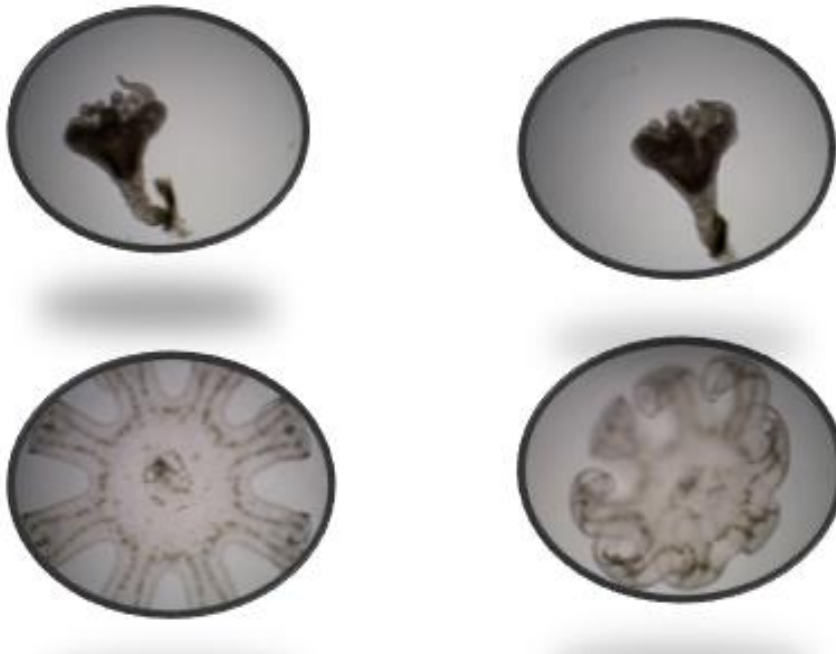
10x (zoom óptico) 1024x (zoom digital)



10x (zoom óptico) 1024x (zoom digital)

Detalle boca éfira

Algunas etapas del ciclo de *Cotylorhiza tuberculata* (escifostomas y éfiras)



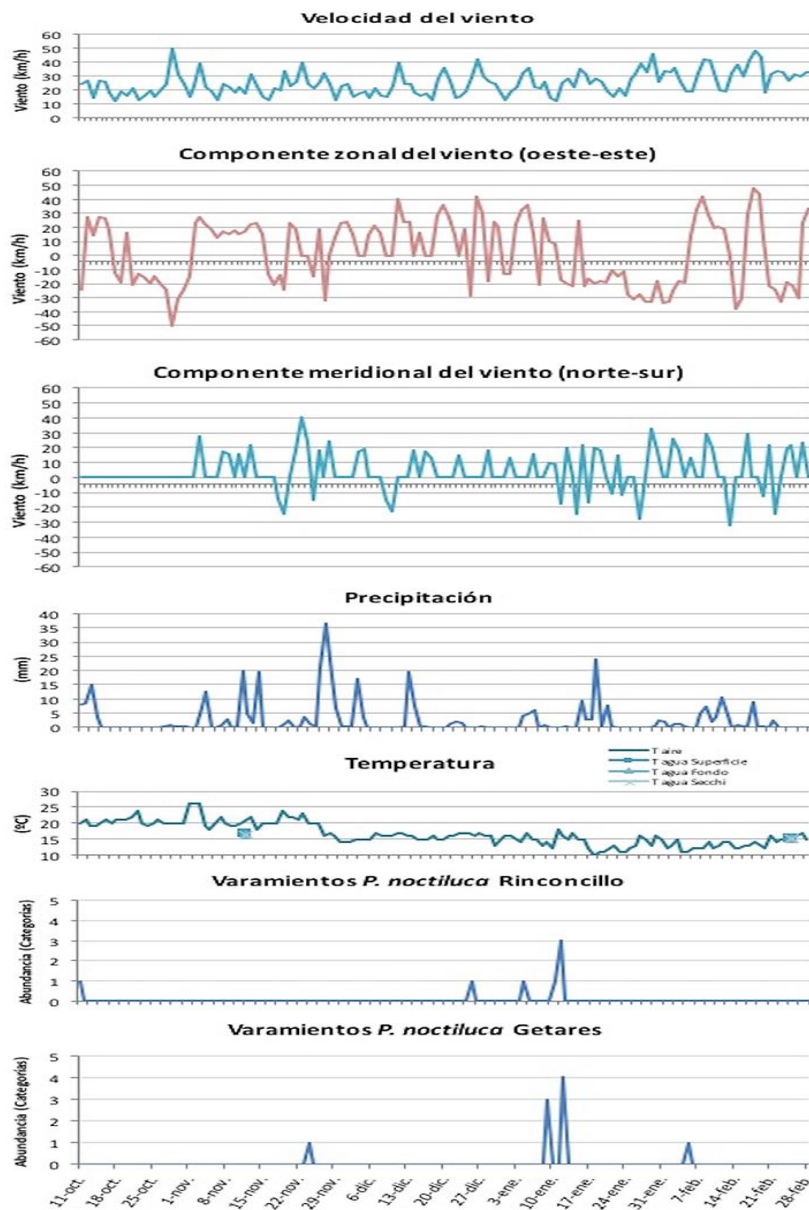
Imágenes tomadas por los alumnos con microscopía digital en el laboratorio escolar.100x

-9.3 Relación entre las condiciones ambientales y los varamientos

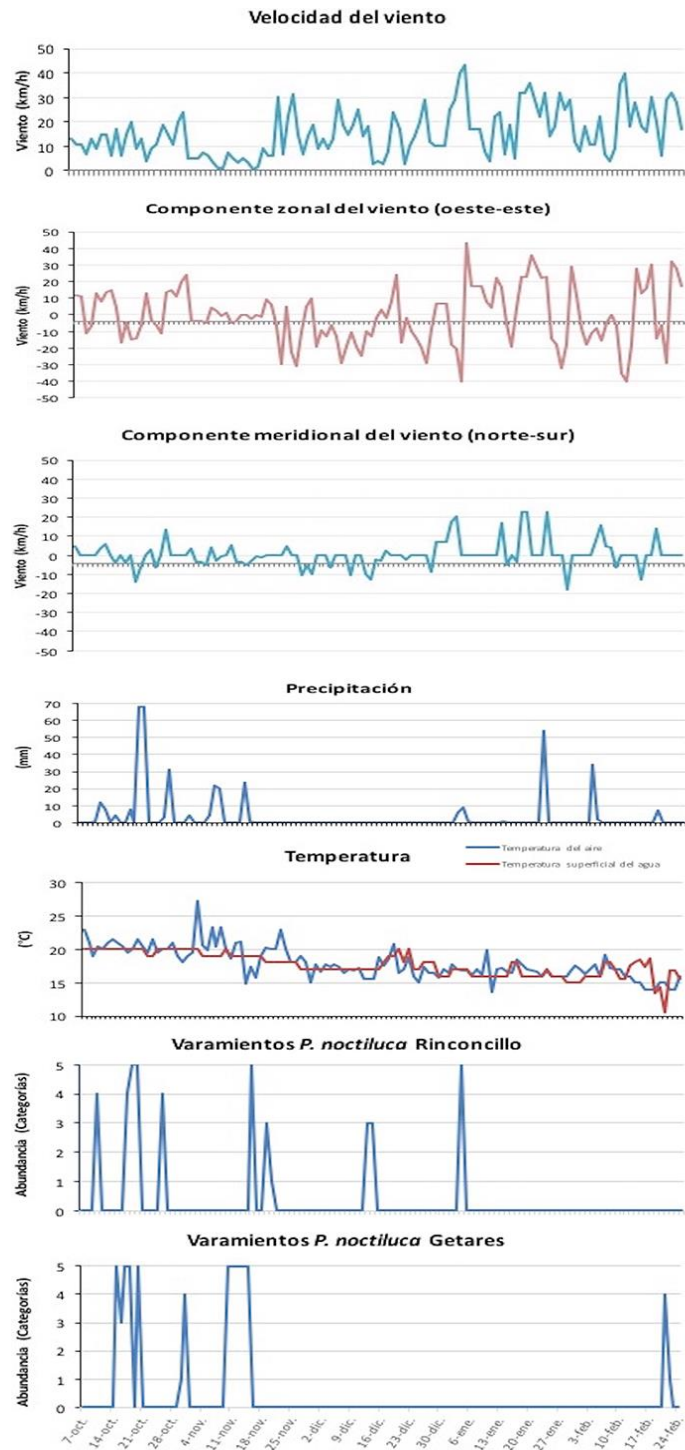
En primer lugar hay que destacar la falta de datos sobre varamientos en las playas de Tarifa, no habiéndose observado ninguno a lo largo de los meses en los que se ha realizado este estudio.

Por otro lado, entre los ejemplares varados en el estudio realizado en el curso 15-16 solo se encuentra *P. noctiluca* no así en el curso 14-15 ,en el que encontramos en tres ocasiones ejemplares de *Rhizotoma sp.*(dos ejemplares en aguas del puerto de Algeciras y otro de ellos en la Playa del Rinconcillo. Durante el mes de Enero de 2016 no ha sucedido ningún varamiento en las Playas estudiadas

PLAYAS ALGECIRAS 14-15



PLAYAS ALGECIRAS 15-16



10. Conclusiones.

- Hay claras diferencias entre los ciclos biológicos de *Pelagia noctiluca* y *Cotylorhiza tuberculata* siendo la primera de ellas, la especie más abundante en nuestras playas.

- La ausencia de medusas en las playas de Tarifa nos hace pensar en una dinámica litoral distinta, con una fuerte influencia del estrecho (tanto en viento como en corrientes), lo que puede favorecer la ausencia de varamientos en ellas.

- Ha existido una gran dificultad en la consecución de la fecundación de *P. noctiluca* en laboratorio por lo complicado de la obtención de individuos maduros vivos y en buen estado. Esto probablemente se debe más a que trabajábamos con individuos ya varados en la playa en vez de individuos pescados buceando en el agua.

-Respecto al estudio realizado en la población de *Pelagia noctiluca*

No tenemos explicación alguna respecto a la diferencia entre el número de machos y hembras contabilizados en las muestras recogidas. Es la primera vez que se hace científicamente un estudio similar y aunque la teoría predice que la población se compone de individuos de ambos sexos a partes iguales, las razones de este resultado requieren de estudios posteriores.

No existe una diferencia de peso o tamaño significativa entre machos y hembras, tanto en la muestra total como en las muestras separadas por playas. Sin embargo, si existe diferencia entre los tamaños de las hembras de ambas playas. Si se puede observar que los individuos a los que no se les pudo determinar el sexo son más pequeños (inmaduros).

Ha habido una clara diferencia entre los dos periodos estudiados respecto al número de varamientos, siendo estos más numerosos en los meses de octubre y noviembre de 2015.

-El seguimiento de las variables estacionales realizado durante los dos cursos escolares entre octubre y febrero nos indica que los varamientos se han producido con vientos de componente zonal oeste no existiendo un patrón meteorológico claro que explique las diferencias en las playas estudiadas.

- Este trabajo ha pretendido aclarar los mecanismos que inciden en los varamientos de medusas en nuestras playas dejando abierta la posibilidad a nuevos estudios que completen las conclusiones obtenidas en el mismo.

11. Webgrafía y bibliografía

<http://www.investigacionyciencia.es/blogs/medicina-y-biologia/28/posts/especies-biolgicas-leyendo-nuestro-cdigo-de-barras-gentico-10690>

https://es.wikipedia.org/wiki/Reacci%C3%B3n_en_cadena_de_la_polimerasa

https://www.uv.mx/rm/num_anteriores/revmedica_vol3_num1/articulos/reaccion_cad_polimerasa.html

<http://www.aemet.es/es/eltiempo/observacion/satelite/pderiv>

<http://seatemperature.info/es/mar-mediterraneo-temperatura-del-agua-del-mar.html>

<http://www.eltiempo.es/playas/>

<http://tiempoytemperatura.es/costas/estrecho-de-gibraltar/temperatura-del-agua.html>

<http://es.windfinder.com/wind/windspeed.htm>

<http://datosclima.es/Aemethistorico/Descargahistorico.html>

http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/rediam/documentos/docs/litoral/Informe_resultados_chla.pdf

Canepa A., Fuentes V. , Sabatés A. , Piraino S. , Boero F. , Gili J.M.2014 *Pelagia noctiluca* in the Mediterranean Sea. Jellyfish Blooms.Ed.Springer Pitt and Lucas Editors .Cap 11

Gibbons M. Brotz L.2015. We should not assume that fishing jellyfish will solve our jellyfish problem .*Ices Journal of Marine Sciences*.

Fuentes V., Piraino S. 2016. Reproductive and blooms patterns of *Pelagia noctiluca* in the Strait of in the strait of MESSINAMessina, Italy. *Estuarine coastal and shell science*.

Rosa S. Pansera, M. Granata, Guglielmo L. 2013. Interannual variability growth, reproduction and feeding of *Pelagia noctiluca* in the strait of Messina. Linkages with temperature and diet. *Journal of Marine Systems*

Genua Olmedo A. 2013. Variabilidad temporal de la abundancia de organismos gelatinosos en el litoral mediterráneo entre el mar de Alborán y le mar Balear. *Tesina de Master en Hidráulica ambiental. Tutores de la tesina: L. Prieto y G. Navarro. Dpto. de Ecología y Gestión Costera ICMAN. CSIC*.

Prieto L, Navarro G., Rodríguez Gálvez S., Huertas I.E., Naranjo, J.M. Ruiz J. 2009. Oceanographic and meteorological forcing of the pelagic ecosystem on the Gulf of Cadiz shelf (SW Iberian Peninsula). *Continental Shelf Research*. Volume 19. Nº 17

Villaescusa Lamet A. et al. 2015. Rebelión en el mar: El Nuevo protagonismo biológico de las medusas. *Colegio Maria Auxiliadora de Algeciras*.

12. Agradecimientos

Dra. Laura Prieto (ICMAN-CSIC, Spain)

Dña. Karen Kienberger (Universidad de Granada/ICMAN-CSIC, Spain.)

Dña. Pilar Álvarez Ruiz (Dpto. de Estadística e Investigación Operativa de la EPS de Algeciras, Spain).

D. Emilio García Adiego. Laboratorio de Vigilancia y Control de Contaminación. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Palmones (Cádiz). Spain.

Dr. Andres Payo (Southampton University, UK)

D. Carlos Serrano (Club de buceo CIES Algeciras, Spain).

Algeciras Abril 2016