



UNIVERSIDAD DE  
MURCIA

## MEMORIA JUSTIFICATIVA DE LA SUBVENCIÓN ANUAL DEL PROYECTO BANCO DE ESPECIES EMBLEMÁTICAS Y DE SINGULAR IMPORTANCIA DEL MAR MENOR. NOVIEMBRE 2023.

### Introducción.

El Mar Menor es una Laguna Costera ubicada en la Región de Murcia, caracterizada por unas condiciones ambientales y biológicas que la hacen única a nivel mundial. Y esto se refleja en la presencia de especies particulares y paisajes marinos específicos.

En las últimas décadas se han podido constatar diferentes problemas que han afectado directamente a especies animales y vegetales características de la laguna.

Como consecuencia de las presiones acumuladas y al aporte continuado de nutrientes, en 2016 ocurrió la primera crisis de eutrofización importante en la laguna, que afectó especialmente a la cubierta vegetal y a las especies que tenían relación directa con ella. Concretamente la población de nacra (*Pinna nobilis*) una especie catalogada como en peligro crítico, de la que se perdió más del 99% de los ejemplares presentes.

Del mismo modo en el transcurso de estos últimos años dicho proceso ha continuado en la laguna generando una situación de desequilibrio ecológico que se traduce en pérdida de su capacidad natural de recuperación, esta situación se vio agravada en la crisis asociada a las DANA's de septiembre de 2019, que tuvieron como consecuencia la muerte de miles de peces e invertebrados debido a los procesos de anoxia generados.

Las autoridades políticas y la comunidad científica han diseñado iniciativas dirigidas a conocer la situación actual y determinar las causas exactas del deterioro de las condiciones ambientales del Mar Menor. En consecuencia, se han propuesto diferentes medidas de actuación que requieren tiempo y un esfuerzo considerable.

Desde el Acuario de la Universidad de Murcia, centro integrado en el Vicerrectorado de Investigación de dicha Universidad, en coordinación con la Dirección General del Mar Menor, perteneciente a la Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente, ahora Consejería de Medio Ambiente, Universidades, Investigación y Mar Menor; se planteó la creación de un **Banco de Especies Emblemáticas y de Singular Importancia del Mar Menor**, contemplado como una acción de interés público general, que garantice la permanencia en el tiempo de las poblaciones de esas especies, con independencia de posibles eventos, puntualmente críticos en el medio natural.

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA. Fecha-hora: 30/11/2023 10:00:57. Emisor del certificado: CN=AAC FNMT Usuarios, OU=Ceres, O=FNMT-RCM, C=ES.  
Firmante: EMILIO CORTES MELENDRERAS. Fecha-hora: 30/11/2023 10:04:14. Emisor del certificado: CN=AAC FNMT Usuarios, OU=Ceres, O=FNMT-RCM, C=ES.



Acuario

Antiguo Cuartel de Artillería. C/ Cartagena s/n, 30002 Murcia  
T. 868 888 553 – [www.aquarium.um.es](http://www.aquarium.um.es)



1

Código seguro de verificación: RUxFMryt-8JMU8UL8-ml+6uOki-IxJhPht5

COPIA ELECTRÓNICA - Página 1 de 22

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento administrativo electrónico archivado por la Universidad de Murcia, según el artículo 27.3 c) de la Ley 39/2015, de 1 de octubre. Su autenticidad puede ser contrastada a través de la siguiente dirección: <https://sede.um.es/validador/>



UNIVERSIDAD DE  
MURCIA

En Consejo de Gobierno de la Comunidad Autónoma de Murcia en su sesión celebrada el 7 de noviembre de 2019, se acordó la creación del Banco de Especies del Mar Menor.

Además de asegurar su viabilidad en el tiempo, la puesta en marcha del Proyecto, está aportando una enorme cantidad de datos sobre la biología de estas especies y sobre su estado evolutivo en relación con otras poblaciones cercanas.

El objetivo principal del Banco de Especies del Mar Menor se basa en que las generaciones venideras puedan tener la oportunidad de observar la diversidad natural original de la Laguna, sin lamentar la pérdida de especies tan significativas como el caballito de mar, las agujas, los zorros, el chirrete, el fartet o las nacras que a pesar, estas últimas, de haber entrado en el Mar Menor a principios de la década de los 80's, tienen un papel clave como filtradores en la recuperación del Mar Menor y representan una de las últimas poblaciones de la especie en el Mediterráneo.

Especies seleccionadas en la primera fase del Proyecto:

- Nacra (*Pinna nobilis*).
- Caballito de mar de hocico largo (*Hippocampus guttulatus*).
- Aguja de río (*Syngnathus abaster*).
- Aguja mula (*Syngnathus typhle*).
- Fartet (*Aphanius iberus*).
- Zorro (*Gobius niger*).
- Gobio de arena (*Pomatoschistus marmoratus*).
- Gallerbo, Saltón (*Salarias pavo*).
- Chirrete (*Atherina boyeri*).
- Dragoncillo (*Callionymus pusillus*).

Especies en reserva:

- Cangrejo mediterráneo común (*Carcinus aestuari*).
- Nacra de roca (*Pinna rudis*).





UNIVERSIDAD DE  
MURCIA

## BANCO DE ESPECIES EMBLEMÁTICAS Y DE SINGULAR IMPORTANCIA DEL MAR MENOR. FASE 1. AÑO 3

El proyecto Banco de Especies del Mar Menor está estructurado en dos fases. Una primera a desarrollar en el Acuario de la Universidad de Murcia, con una duración de 4 años en la que se formarán grupos reproductores de las distintas especies y se establecerán y optimizarán los protocolos de mantenimiento y reproducción “ex situ”. La segunda fase del proyecto estará dedicada a ampliar el número de individuos de cada especie y a su mantenimiento en condiciones de semilibertad en instalaciones diseñadas para tal fin, que serán coordinados a través del grupo de investigación del Acuario de la Universidad de Murcia y la Dirección General del Mar Menor.

El presente informe describe los avances que se han llevado a cabo durante el tercer año de trabajo en el proyecto, desde el día 01 de octubre de 2022 hasta el 30 de octubre de 2023.

Durante el primer año de proyecto se procedió al montaje y puesta en marcha de los sistemas en los que se mantienen y reproducen las diferentes especies, así como las instalaciones dedicadas a desarrollar los cultivos auxiliares de alimento vivo para alimentar a los adultos y las crías de las especies. El mantenimiento de estos cultivos ha supuesto hacer viable el mantenimiento y reproducción de la práctica totalidad de las especies implicadas en el proyecto.

### A.1. SALA DE CULTIVO DE FITOPLANCTON.

Durante el primer año se puso en marcha una sala dedicada exclusivamente al cultivo de las diferentes especies de algas necesarias para alimentar especies filtradoras integradas en el Proyecto, como la nacra, además de ser utilizadas para mantener los cultivos de zooplancton en producción.

Se comenzó a cultivar las siguientes especies de microalgas:

- *Tetraselmis chuii*
- *Tisochrysis lutea*
- *Phaeodactylum tricornutum*
- *Nannochloropsis gaditana*
- *Chaetoceros gracilis*
- *Rhodomonas salina*
- *Thalassiosira weissflogii*





En la memoria del primer año de trabajo de la primera Fase del proyecto, se detallaron los protocolos observados para el cultivo de las especies seleccionadas.

En el segundo año de trabajo se procedió a realizar los estudios de perfiles nutricionales adecuados para optimizar la alimentación de las diferentes especies objetivo, por una parte, la nacra (*Pinna nobilis*) y por otra los cultivos de zooplancton, que, enriquecidos con algas seleccionadas por su perfil nutricional, constituyen el alimento optimizado para especies como las del grupo de los singnátidos (caballitos de mar y agujas).

Con el fin de mejorar la selección de perfiles nutricionales de las microalgas cultivadas para el proyecto, se incluyeron las siguientes especies:

- *Isochrysis galbana* (Clon G-ISO).
- *Chaetoceros calcitrans*.
- *Pavlova virescens*.

Los perfiles se han ajustado de modo que en la alimentación proporcionada predominan perfiles ricos en ácidos grasos poliinsaturados, necesarios para el correcto desarrollo de adultos, juveniles y larvas de las diferentes especies alimentadas.

También se ha continuado con un estudio sobre el modo en que ciertos cambios en la intensidad y calidad lumínica, así como en la temperatura, modifican los perfiles nutricionales de las diferentes especies cultivadas.

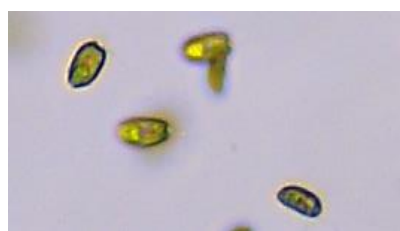


Figura 1: *Tetraselmis chuii*. Foto: Emilio Cortés

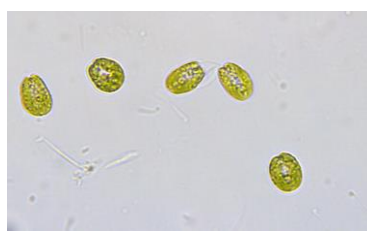


Figura 2: *Isochrysis lutea*. Foto: E. Cortés.

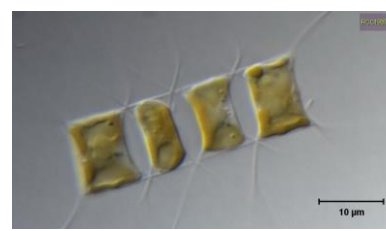


Figura 3: *Chaetoceros calcitrans*. Foto: Roscoff Culture Collection





Una vez realizado el estudio de perfiles nutricionales apropiados se han mantenido en cultivo las siguientes especies:

- *Tetraselmis chuii*
- *Tetraselmis suecica*
- *Tisochrysis lutea*
- *Phaeodactylum tricornutum*
- *Nannochloropsis gaditana*
- *Chaetoceros gracilis*
- *Chaetoceros calcitrans*.
- *Isochrysis galbana* (Clon G-ISO).

En la Tabla 1 se identifican perfiles nutricionales de referencia en distintas especies de fitoplancton. En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos del estudio de las diferentes cepas cultivadas en el Acuario de la UMU.

Tabla 1: Ácidos grasos de algunas microalgas utilizadas en Acuicultura. A: *Isochrysis galbana*; B : *Isochrysis sp.* clon T-ISO, C: *Paulova lutheri*; D: *Chaetoceros calcitrans*; E: *Phaeodactylum tricornutum*; F: *Skeletonema costatum*; G: *Thalassiosira pseudonana*; H: *Dunaliella salina*; I: *Tetraselmis suecica*; J: *Spirulina platensis*; K: *Scenedesmus acutus*; L: *Chlorella vulgaris*; M: *Dunaliella bardawill*. tr. : traza. - : no detectado (Brown et al., 1989; Becker, 1994).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
saturados	37.0	32.2	35.9	30.2	30.2	39.2	27.2	23.3	26.8	48.2	17.2	40.3	44.6
monoinsaturados	30.4	26.1	20.4	33.8	35.3	32.0	19.5	24.0	20.5	13.6	16.1	14.4	15.9
C16 poliinsaturados	0.4	2.6	0.8	13.1	10.2	13.1	22.2	6.8	17.2	1.2	27.0	1.7	3.7
18:2ω6	2.3	2.5	1.5	0.8	1.1	2.2	0.4	10.9	13.9	14.5	6.0	1.5	15.1
18:3ω6	0.2	2.1	0.1	0.4	-	0.3	0.2	-	2.7	21.1	-	-	-
18:3ω3	0.4	3.6	1.8	tr.	1.3	0.3	0.3	30.5	4.6	0.3	28.0	-	20.5
18:4ω3	8.0	17.4	6.0	0.5	1.3	2.2	5.3	-	4.8	-	-	-	-
18:5ω3	-	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20:2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.5	-
20:3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	20.8	-
20:4ω6	0.1	-	tr.	5.7	-	-	0.3	-	2.1	-	-	-	-
20:4ω3	-	-	-	0.2	-	tr.	0.3	-	0.1	-	-	-	-
20:5ω3	7.2	0.2	19.7	11.1	14.7	6.0	19.3	-	5.3	-	-	-	-
22:5ω6	-	1.8	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22:6ω3	4.3	8.3	9.4	0.8	0.3	2.0	3.9	-	tr.	-	-	-	-

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA. Fecha-hora: 30/11/2023 10:00:57. Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios, OU=Ceres, O=FNMT-RCM, C=ES. Firmante: EMILIO CORTES MELENDRERAS. Fecha-hora: 30/11/2023 10:04:14. Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios, OU=Ceres, O=FNMT-RCM, C=ES.







Tabla 2. Porcentajes de los diferentes ácidos grasos en las microalgas cultivadas.

Ácidos grasos	Microalgas				
	<i>Chlorella sp.</i>	<i>G-Iso</i>	<i>N. gaditana</i>	<i>T.chuii</i>	<i>T.lutea</i>
C12	0.83 ± 1.02 <sup>a</sup>	1.26 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.39 ± 0.05 <sup>a</sup>	2.31 ± 0.13 <sup>a</sup>	1.01 ± 0.23 <sup>a</sup>
C14	0.26 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.21 ± 0.03 <sup>a</sup>	5.48 ± 0.19 <sup>a</sup>	0.24 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.39 ± 0.00 <sup>a</sup>
C14:1	0.05 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.42 ± 0.07 <sup>bd</sup>	0.09 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.52 ± 0.08 <sup>d</sup>	0.32 ± 0.02 <sup>b</sup>
C16	13.69 ± 2.96 <sup>ab</sup>	11.65 ± 1.45 <sup>a</sup>	26.85 ± 0.8 <sup>b</sup>	26.94 ± 0.31 <sup>b</sup>	10.31 ± 0.33 <sup>a</sup>
C16:1 n-9	2.88 ± 0.43 <sup>b</sup>	0.50 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.8 ± 0.00 <sup>a</sup>	3.70 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.44 ± 0.03 <sup>a</sup>
C16:1 n-7	5.53 ± 0.84 <sup>a</sup>	5.97 ± 0.03 <sup>a</sup>	23.77 ± 0.07 <sup>b</sup>	0.86 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>a</sup>
C18	1.40 ± 0.31 <sup>a</sup>	1.29 ± 0.75 <sup>a</sup>	1.14 ± 0.12 <sup>a</sup>	5.49 ± 0.44 <sup>a</sup>	0.59 ± 0.09 <sup>a</sup>
C18:1 n-9	11.05 ± 1.20 <sup>c</sup>	6.07 ± 0.14 <sup>b</sup>	3.58 ± 0.07 <sup>a</sup>	13.36 ± 0.2 <sup>d</sup>	7.72 ± 0.06 <sup>b</sup>
C18:1 n-7	0.78 ± 0.09 <sup>ab</sup>	0.97 ± 0.08 <sup>ab</sup>	0.38 ± 0.02 <sup>a</sup>	5.4 ± 0.36 <sup>c</sup>	1.01 ± 0.01 <sup>b</sup>
C18:2 n-6	18.14 ± 2.06 <sup>b</sup>	3.98 ± 0.17 <sup>a</sup>	2.17 ± 0.01 <sup>a</sup>	3.39 ± 0.12 <sup>a</sup>	3.84 ± 0.04 <sup>a</sup>
C20	11.10 ± 11.97 <sup>a</sup>	0.12 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.22 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.32 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.05 ± 0.01 <sup>a</sup>
C18:3 n-6	0.08 ± 0.11 <sup>a</sup>	1.31 ± 0.11 <sup>b</sup>	0.35 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.18 ± 0.03 <sup>a</sup>	1.59 ± 0.05 <sup>b</sup>
C18:3 n-3	17.36 ± 1.13 <sup>d</sup>	6.99 ± 0.61 <sup>b</sup>	0.1 ± 0.01 <sup>a</sup>	14.87 ± 0.32 <sup>c</sup>	7.95 ± 0.13 <sup>b</sup>
C18:4 n-3	0.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	25.98 ± 1.05 <sup>b</sup>	0.11 ± 0.00 <sup>a</sup>	2.38 ± 0.06 <sup>a</sup>	27.12 ± 1.12 <sup>b</sup>
C20:2 n-6	0.09 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.16 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.13 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.32 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.11 ± 0.06 <sup>a</sup>
C20:3 n-9	0.16 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.06 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.11 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.15 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.03 ± 0.05 <sup>a</sup>
C22	0.71 ± 0.3 <sup>a</sup>	0.4 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.33 ± 0.22 <sup>a</sup>	0.89 ± 0.13 <sup>a</sup>	0.93 ± 0.73 <sup>a</sup>
C20:3n-6	0.17 ± 0.00 <sup>a</sup>	9.48 ± 0.33 <sup>c</sup>	0.35 ± 0.07 <sup>a</sup>	1.06 ± 0.01 <sup>b</sup>	8.97 ± 0.18 <sup>c</sup>
C22:1 n-9	0.02 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.05 ± 0.01 <sup>a</sup>	2.3 ± 0.37 <sup>b</sup>	2.02 ± 0.1 <sup>b</sup>	0.05 ± 0.01 <sup>a</sup>
C20:4 n-6	0.92 ± 0.11 <sup>a</sup>	0.07 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.37 ± 1.83 <sup>a</sup>	0.67 ± 0.8 <sup>a</sup>	0.1 ± 0.00 <sup>a</sup>
C22:2 n-6	0.16 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.16 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.12 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.45 ± 0.11 <sup>b</sup>	0.14 ± 0.04 <sup>a</sup>
C20:5 n-3	13.88 ± 0.9 <sup>ab</sup>	0.79 ± 0.03 <sup>a</sup>	29.26 ± 0.28 <sup>ab</sup>	6.1 ± 0.06 <sup>ab</sup>	0.74 ± 0.03 <sup>a</sup>
C24	0.19 ± 0.13 <sup>a</sup>	0.23 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.12 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.57 ± 0.29 <sup>a</sup>	0.24 ± 0.07 <sup>a</sup>
C24:1 n-9	0.08 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.2 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.04 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.45 ± 0.64 <sup>a</sup>	0.54 ± 0.47 <sup>a</sup>
C22:4 n-6	0.02 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.06 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.05 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.63 ± 0.56 <sup>a</sup>	0.2 ± 0.04 <sup>a</sup>
C22:5 n-6	0.04 ± 0.06 <sup>a</sup>	1.61 ± 0.07 <sup>c</sup>	0.04 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.3 ± 0.03 <sup>b</sup>	2.05 ± 0.11 <sup>d</sup>
C22:5 n-3	0.2 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.17 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.23 ± 0.18 <sup>a</sup>	0.47 ± 0.23 <sup>a</sup>	0.05 ± 0.08 <sup>a</sup>
C22:6 n-3	0.2 ± 0.14 <sup>a</sup>	19.84 ± 0.12 <sup>c</sup>	0.1 ± 0.03 <sup>a</sup>	6.01 ± 0.45 <sup>b</sup>	23.6 ± 0.99 <sup>d</sup>
SFA	28.19 ± 7.23 <sup>a</sup>	15.16 ± 2.16 <sup>a</sup>	34.53 ± 0.8 <sup>a</sup>	36.77 ± 1.12 <sup>a</sup>	13.53 ± 0.01 <sup>a</sup>
MUFA	20.39 ± 2.59 <sup>ab</sup>	14.18 ± 0.36 <sup>a</sup>	30.96 ± 0.41 <sup>b</sup>	26.31 ± 0.2 <sup>b</sup>	10.08 ± 0.48 <sup>a</sup>
PUFA	51.42 ± 4.65 <sup>ac</sup>	70.67 ± 1.81 <sup>c</sup>	34.51 ± 1.21 <sup>a</sup>	36.98 ± 1 <sup>a</sup>	76.49 ± 0.49 <sup>c</sup>
HUFA	15.6 ± 1.29 <sup>a</sup>	32.08 ± 0.18 <sup>a</sup>	31.52 ± 1.21 <sup>a</sup>	15.39 ± 0.37 <sup>a</sup>	35.75 ± 0.87 <sup>a</sup>
n-6 HUFA	0.23 ± 0.09 <sup>a</sup>	11.16 ± 0.28 <sup>c</sup>	0.44 ± 0.1 <sup>a</sup>	1.99 ± 0.58 <sup>b</sup>	11.22 ± 0.11 <sup>c</sup>
n-3 HUFA	14.29 ± 1.07 <sup>a</sup>	20.8 ± 0.11 <sup>a</sup>	29.6 ± 0.49 <sup>a</sup>	12.58 ± 0.63 <sup>a</sup>	24.39 ± 1.03 <sup>a</sup>
n-3	31.65 ± 2.21 <sup>a</sup>	53.77 ± 1.76 <sup>a</sup>	29.8 ± 0.48 <sup>a</sup>	29.82 ± 1.02 <sup>a</sup>	59.45 ± 0.22 <sup>a</sup>
n-6	19.61 ± 2.43 <sup>b</sup>	16.84 ± 0.05 <sup>b</sup>	4.59 ± 1.72 <sup>a</sup>	7.01 ± 0.02 <sup>a</sup>	17 ± 0.22 <sup>b</sup>

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA. Fecha-hora: 30/11/2023 10:00:57. Emisor del certificado: CN=AAC FNMT Usuarios, OU=Ceres, O=FNMT-RCM, C=ES. Firmante: EMILIO CORTES MELENDRERAS. Fecha-hora: 30/11/2023 10:04:14. Emisor del certificado: CN=AAC FNMT Usuarios, OU=Ceres, O=FNMT-RCM, C=ES.





UNIVERSIDAD DE  
MURCIA

ARA/DHA	5.69 ± 3.39 <sup>a</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	16.32 ± 22.18 <sup>a</sup>	0.12 ± 0.14 <sup>a</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>a</sup>
DHA/EPA	0.01 ± 0.01 <sup>a</sup>	25.11 ± 0.92 <sup>b</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.99 ± 0.08 <sup>a</sup>	31.88 ± 2.6 <sup>c</sup>
ARA/EPA	0.07 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.08 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.05 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.11 ± 0.13 <sup>a</sup>	0.13 ± 0.01 <sup>a</sup>

## A.2. SALA DE CULTIVO DE ZOOPLANCTON Y DESARROLLO LARVARIO.

Se ha realizado una segunda ampliación de la sala de cultivo de zooplancton, debido a los buenos resultados obtenidos en base a la alimentación en las especies más exigentes incluidas en el proyecto (peces de la familia singnatidae y nacra). Es importante tener en cuenta que algunas especies de zooplancton entre las elegidas presentan su punto óptimo de crecimiento a densidades bajas, por lo que el espacio es fundamental para obtener la cantidad de ejemplares necesarios como alimento. A pesar de todo para poder potenciar el cultivo es necesario más espacio.

En el caso de los cultivos de copépodos de las especies seleccionadas (*Acartia tonsa*, *Apocyclops panamensis* y *Parvocalanus crassirostris*) se continua con los cultivos debido a su óptimo perfil nutricional.

En el caso de los cultivos de *Artemia salina*, así como los rotíferos de las especies *Brachionus plicatilis* y *Brachionus rotundiformis* se han utilizado diferentes técnicas de enriquecimiento que aportan mayor calidad nutricional.

Se han realizado estudios del perfil nutricional de los diferentes cultivos de zooplancton realizados en el Acuario, así como en alimento congelado utilizado para alimentar a los adultos de las especies de singnátidos, con el fin de conocer su idoneidad. En la Tabla 3.1 y 3.2 se puede observar el perfil de los diferentes ácidos grasos según las especies de zooplancton.

Tabla 3.1 Porcentajes de los diferentes ácidos grasos en el zooplancton cultivado y congelado.

AA: Adultos de *Artemia sp.* Alimentada con *T. chuii*; AC: *Artemia sp.* adulta congelada, enriquecida con Aloe vera; AN: Nauplio de *Artemia sp.* eclosionado tras 8 horas; ANH: Nauplio de *Artemia sp.* recién eclosionado; AS: Nauplio de *Artemia sp.* enriquecido con Easy Dry Selco<sup>R</sup>.

Ácidos grasos	Muestras de zooplancton analizadas				
	AA	AC	AN	ANH	AS
C12	0.05 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.03 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.05 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.05 ± 0 <sup>a</sup>	0.06 ± 0 <sup>a</sup>
C14	1.64 ± 0.15 <sup>bc</sup>	0.92 ± 0.73 <sup>ac</sup>	0.3 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.31 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.13 ± 0.03 <sup>a</sup>
C14:1	0 ± 0 <sup>a</sup>	0.13 ± 0.02 <sup>ab</sup>	0.14 ± 0 <sup>ab</sup>	0.27 ± 0.2 <sup>ab</sup>	0.11 ± 0.01 <sup>ab</sup>





UNIVERSIDAD DE MURCIA

C16	13.74 ± 1.34 <sup>a</sup>	15.41 ± 1.06 <sup>ab</sup>	13.35 ± 1.69 <sup>a</sup>	12.14 ± 0.1 <sup>a</sup>	12.79 ± 0.64 <sup>a</sup>
C16:1 n-9	1.3 ± 0.03 <sup>e</sup>	0.75 ± 0 <sup>c</sup>	0.99 ± 0.1 <sup>d</sup>	0.85 ± 0.11 <sup>cd</sup>	0.74 ± 0.02 <sup>c</sup>
C16:1 n-7	8.62 ± 0.07 <sup>ab</sup>	4.18 ± 0.69 <sup>ab</sup>	9.72 ± 0.76 <sup>ab</sup>	9.12 ± 0.05 <sup>ab</sup>	7.61 ± 0.28 <sup>ab</sup>
C18	5.12 ± 0.53 <sup>a</sup>	6.01 ± 0.5 <sup>a</sup>	5.05 ± 0.84 <sup>a</sup>	4.32 ± 0.1 <sup>a</sup>	4.99 ± 0.32 <sup>a</sup>
C18:1 n-9	16.88 ± 0.25 <sup>a</sup>	15.54 ± 0.39 <sup>a</sup>	8.16 ± 11.54 <sup>a</sup>	17.53 ± 1.48 <sup>a</sup>	14.69 ± 0.08 <sup>a</sup>
C18:1 n-7	7.25 ± 0.03 <sup>b</sup>	7.7 ± 0.11 <sup>bc</sup>	11.76 ± 1.35 <sup>d</sup>	9.27 ± 1.25 <sup>bd</sup>	9.8 ± 0.05 <sup>cd</sup>
C18:2 n-6	5.05 ± 0.03 <sup>ab</sup>	12.24 ± 0.3 <sup>b</sup>	10.09 ± 1.23 <sup>ab</sup>	9.38 ± 0.08 <sup>ab</sup>	8.12 ± 0.11 <sup>ab</sup>
C20	0.1 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.14 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.17 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.15 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.18 ± 0.02 <sup>a</sup>
C18:3 n-6	0.53 ± 0.03 <sup>a</sup>	1.23 ± 0.06 <sup>b</sup>	0.6 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.56 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.46 ± 0.01 <sup>a</sup>
C18:3 n-3	19.88 ± 0.86 <sup>bc</sup>	26.15 ± 2.54 <sup>c</sup>	21.57 ± 2.14 <sup>c</sup>	20.27 ± 0.33 <sup>bc</sup>	17.85 ± 1.03 <sup>ac</sup>
C20:1 n-9	0.17 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.28 ± 0.04 <sup>c</sup>	0.47 ± 0.04 <sup>e</sup>	0.45 ± 0.03 <sup>de</sup>	0.36 ± 0.01 <sup>cd</sup>
C18:4 n-3	4.87 ± 0.43 <sup>c</sup>	3.71 ± 0.02 <sup>bc</sup>	1.34 ± 0.14 <sup>a</sup>	1.31 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.99 ± 0.12 <sup>a</sup>
C20:2 n-6	0.76 ± 0.28 <sup>a</sup>	0.69 ± 0.22 <sup>a</sup>	0.56 ± 0.19 <sup>a</sup>	0.48 ± 0 <sup>a</sup>	0.58 ± 0.07 <sup>a</sup>
C20:3 n-9	0 ± 0 <sup>a</sup>	0.35 ± 0.49 <sup>a</sup>	0.06 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.03 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.02 ± 0.03 <sup>a</sup>
C22	0.3 ± 0.3 <sup>a</sup>	0.81 ± 0.14 <sup>a</sup>	0.87 ± 0.38 <sup>a</sup>	0.6 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.01 ± 0.33 <sup>a</sup>
C20:3n-6	0.1 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.13 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.16 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.16 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.15 ± 0.01 <sup>a</sup>
C22:1 n-9	0.42 ± 0.02 <sup>ac</sup>	0.92 ± 0.06 <sup>c</sup>	0.7 ± 0.12 <sup>bc</sup>	0.05 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.15 ± 0.01 <sup>ab</sup>
C20:3 n-3	0 ± 0 <sup>a</sup>	0 ± 0 <sup>a</sup>	0 ± 0 <sup>a</sup>	0.33 ± 0.35 <sup>ab</sup>	0.64 ± 0.07 <sup>b</sup>
C20:4 n-6	0.84 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.26 ± 0 <sup>a</sup>	2.43 ± 0.46 <sup>cd</sup>	2.2 ± 0.09 <sup>cd</sup>	2.1 ± 0.07 <sup>bc</sup>
C22:2 n-6	0.11 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.11 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.06 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.06 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.1 ± 0.01 <sup>a</sup>
C20:5 n-3	11.2 ± 0.89 <sup>ac</sup>	0.98 ± 0.29 <sup>a</sup>	10.3 ± 1.05 <sup>ac</sup>	9.55 ± 0.13 <sup>ab</sup>	9.06 ± 0.54 <sup>ab</sup>
C24	0.33 ± 0.32 <sup>a</sup>	0.58 ± 0.42 <sup>a</sup>	0.68 ± 0.49 <sup>a</sup>	0.35 ± 0.02 <sup>a</sup>	1.08 ± 0.69 <sup>a</sup>
C24:1 n-9	0.11 ± 0.11 <sup>a</sup>	0.11 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.07 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.04 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.14 ± 0.08 <sup>a</sup>
C22:4 n-6	0.07 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.21 ± 0.3 <sup>a</sup>	0.05 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.02 ± 0 <sup>a</sup>	0.08 ± 0.06 <sup>a</sup>
C22:5 n-6	0.13 ± 0.12 <sup>a</sup>	0.08 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.07 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.03 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.9 ± 0.07 <sup>a</sup>
C22:5 n-3	0.22 ± 0.17 <sup>a</sup>	0.33 ± 0.24 <sup>a</sup>	0.12 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.09 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.23 ± 0.07 <sup>a</sup>
C22:6 n-3	0.18 ± 0.09 <sup>a</sup>	0.04 ± 0 <sup>a</sup>	0.09 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.04 ± 0.01 <sup>a</sup>	4.88 ± 0.05 <sup>a</sup>
SFA	21.3 ± 1.14 <sup>ab</sup>	23.9 ± 2.82 <sup>ab</sup>	20.48 ± 3.5 <sup>ab</sup>	17.92 ± 0.04 <sup>a</sup>	20.25 ± 1.98 <sup>ab</sup>
MUFA	34.76 ± 0.41 <sup>bc</sup>	29.6 ± 0.07 <sup>bc</sup>	32.01 ± 9.11 <sup>bc</sup>	37.57 ± 0.32 <sup>bc</sup>	33.59 ± 0.35 <sup>bc</sup>
PUFA	43.94 ± 1.55 <sup>ab</sup>	46.5 ± 2.75 <sup>ab</sup>	47.51 ± 5.61 <sup>ab</sup>	44.51 ± 0.36 <sup>ab</sup>	46.16 ± 1.63 <sup>ab</sup>
HUFA	12.74 ± 0.67 <sup>a</sup>	2.37 ± 0.76 <sup>a</sup>	13.29 ± 1.78 <sup>a</sup>	12.45 ± 0.13 <sup>a</sup>	18.06 ± 0.43 <sup>ab</sup>
n-6 HUFA	0.3 ± 0.22 <sup>a</sup>	0.42 ± 0.21 <sup>a</sup>	0.28 ± 0.15 <sup>a</sup>	0.21 ± 0.04 <sup>a</sup>	1.13 ± 0.12 <sup>a</sup>
n-3 HUFA	11.6 ± 0.81 <sup>ab</sup>	1.35 ± 0.05 <sup>a</sup>	10.51 ± 1.15 <sup>ab</sup>	10.01 ± 0.27 <sup>ab</sup>	14.81 ± 0.45 <sup>ab</sup>
n-3	36.35 ± 2.1 <sup>ab</sup>	31.2 ± 2.57 <sup>a</sup>	33.43 ± 3.43 <sup>ab</sup>	31.6 ± 0.56 <sup>ab</sup>	33.66 ± 1.6 <sup>ab</sup>
n-6	7.6 ± 0.56 <sup>a</sup>	14.95 ± 0.31 <sup>a</sup>	14.02 ± 2.16 <sup>a</sup>	12.88 ± 0.2 <sup>a</sup>	12.48 ± 0 <sup>a</sup>
ARA/DHA	5.17 ± 2.27 <sup>ac</sup>	5.9 ± 0.38 <sup>ac</sup>	29.46 ± 12.33 <sup>c</sup>	57.45 ± 15.37 <sup>d</sup>	0.43 ± 0.01 <sup>a</sup>
DHA/EPA	0.02 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.05 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.01 ± 0 <sup>a</sup>	0 ± 0 <sup>a</sup>	0.54 ± 0.03 <sup>a</sup>
ARA/EPA	0.07 ± 0 <sup>a</sup>	0.28 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.23 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.23 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.23 ± 0.01 <sup>a</sup>

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA. Fecha-hora: 30/11/2023 10:00:57. Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios, OU=Ceres, O=FNMT-RCM, C=ES. Firmante: EMILIO CORTES MELENDERAS. Fecha-hora: 30/11/2023 10:04:14. Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios, OU=Ceres, O=FNMT-RCM, C=ES.



Acuario  
Antiguo Cuartel de Artillería. C/ Cartagena s/n, 30002 Murcia  
T. 868 888 553 – [www.aquarium.um.es](http://www.aquarium.um.es)







Table 3.2 Porcentajes de los diferentes ácidos grasos en el zooplancton cultivado y congelado. ACT: *Acartia sp.*; AFR: *Artemia sp.* Golden Gate; M: Misidáceos Ruto; MY: Misidáceos TMC; RO: Rotíferos.

Muestras de zooplancton analizadas					
Ácidos grasos	ACT	AFR	M	MY	RO
C12	0 ± 0 <sup>a</sup>	0.07 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.48 ± 0.04 <sup>d</sup>	0.16 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.28 ± 0.01 <sup>c</sup>
C14	2.02 ± 0.6 <sup>c</sup>	0.35 ± 0.23 <sup>ab</sup>	3.82 ± 0.09 <sup>d</sup>	4.24 ± 0.12 <sup>d</sup>	5.59 ± 0.34 <sup>e</sup>
C14:1	0 ± 0 <sup>a</sup>	0.22 ± 0.15 <sup>ab</sup>	0.33 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.66 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.42 ± 0.01 <sup>bc</sup>
C16	20.68 ± 4.63 <sup>b</sup>	16.09 ± 0.01 <sup>ab</sup>	14.91 ± 0.17 <sup>ab</sup>	20.93 ± 0.06 <sup>b</sup>	17.48 ± 0.67 <sup>ab</sup>
C16:1 n-9	0.66 ± 0.03 <sup>bc</sup>	0.69 ± 0.07 <sup>bc</sup>	0.22 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.22 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.47 ± 0.03 <sup>b</sup>
C16:1 n-7	0.64 ± 0.1 <sup>a</sup>	14.16 ± 10.94 <sup>ab</sup>	1.17 ± 0.04 <sup>a</sup>	11.51 ± 3 <sup>ab</sup>	15.77 ± 0.06 <sup>b</sup>
C18	7.44 ± 3.47 <sup>a</sup>	6.69 ± 1.04 <sup>a</sup>	3.01 ± 0.02 <sup>a</sup>	4.1 ± 0.04 <sup>a</sup>	2.83 ± 0.1 <sup>a</sup>
C18:1 n-9	6.74 ± 2.52 <sup>a</sup>	12.24 ± 2.65 <sup>a</sup>	7.17 ± 0.11 <sup>a</sup>	5.33 ± 0.02 <sup>a</sup>	3.22 ± 0 <sup>a</sup>
C18:1 n-7	1.81 ± 0.32 <sup>a</sup>	11.5 ± 0.7 <sup>d</sup>	1.32 ± 0.05 <sup>a</sup>	3.48 ± 0.03 <sup>a</sup>	3.23 ± 0.12 <sup>a</sup>
C18:2 n-6	2.38 ± 2.11 <sup>a</sup>	7.44 ± 6.14 <sup>ab</sup>	3.37 ± 0.06 <sup>a</sup>	2.71 ± 0.02 <sup>a</sup>	4.72 ± 0.06 <sup>ab</sup>
C20	1.26 ± 0.96 <sup>a</sup>	0.16 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.2 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.34 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.17 ± 0 <sup>a</sup>
C18:3 n-6	0.15 ± 0.22 <sup>a</sup>	0.4 ± 0.39 <sup>a</sup>	0.41 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.53 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.43 ± 0 <sup>a</sup>
C18:3 n-3	2.57 ± 2.39 <sup>a</sup>	10.42 ± 12.9 <sup>ac</sup>	3.75 ± 0.05 <sup>ab</sup>	2.27 ± 0.01 <sup>a</sup>	2.67 ± 0.37 <sup>a</sup>
C20:1 n-9	0 ± 0 <sup>a</sup>	0 ± 0 <sup>a</sup>	0 ± 0 <sup>a</sup>	0 ± 0 <sup>a</sup>	0.53 ± 0.04 <sup>e</sup>
C18:4 n-3	1.04 ± 0.48 <sup>a</sup>	1.57 ± 1.62 <sup>ab</sup>	10.92 ± 0.04 <sup>d</sup>	0.98 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.63 ± 0.03 <sup>a</sup>
C20:2 n-6	0.87 ± 0.3 <sup>a</sup>	0.5 ± 0.44 <sup>a</sup>	0.71 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.59 ± 0 <sup>a</sup>	0.29 ± 0.02 <sup>a</sup>
C20:3 n-9	0 ± 0 <sup>a</sup>	0 ± 0 <sup>a</sup>	0.03 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.1 ± 0 <sup>a</sup>	0.15 ± 0.05 <sup>a</sup>
C22	3.81 ± 3.79 <sup>a</sup>	1.43 ± 0.4 <sup>a</sup>	0.29 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.56 ± 0.06 <sup>a</sup>	1.44 ± 0.81 <sup>a</sup>
C20:3n-6	6.33 ± 8.77 <sup>a</sup>	0.09 ± 0.02 <sup>a</sup>	1.57 ± 0 <sup>a</sup>	0.2 ± 0 <sup>a</sup>	0.87 ± 0.07 <sup>a</sup>
C22:1 n-9	0.52 ± 0.28 <sup>ac</sup>	0.31 ± 0.39 <sup>ac</sup>	0.87 ± 0.03 <sup>c</sup>	0.4 ± 0 <sup>ac</sup>	0.1 ± 0 <sup>ab</sup>
C20:3 n-3	0 ± 0 <sup>a</sup>	0 ± 0 <sup>a</sup>	0 ± 0 <sup>a</sup>	0 ± 0 <sup>a</sup>	0.65 ± 0.05 <sup>b</sup>
C20:4 n-6	1.2 ± 0.59 <sup>ab</sup>	1.17 ± 0 <sup>ab</sup>	1.05 ± 0.02 <sup>a</sup>	4.33 ± 0.03 <sup>e</sup>	3.13 ± 0.15 <sup>d</sup>
C22:2 n-6	0.59 ± 0.67 <sup>a</sup>	0.19 ± 0 <sup>a</sup>	0.57 ± 0.79 <sup>a</sup>	0.04 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.83 ± 1.01 <sup>a</sup>
C20:5 n-3	8.31 ± 6.78 <sup>ab</sup>	11.79 ± 11.89 <sup>ac</sup>	13.68 ± 0.22 <sup>ac</sup>	19.35 ± 0.02 <sup>bc</sup>	27.16 ± 0.27 <sup>c</sup>
C24	1.22 ± 1.29 <sup>a</sup>	1.4 ± 1.22 <sup>a</sup>	0.15 ± 0.13 <sup>a</sup>	0.13 ± 0 <sup>a</sup>	0.33 ± 0.09 <sup>a</sup>
C24:1 n-9	2.36 ± 0.95 <sup>a</sup>	0.22 ± 0.24 <sup>a</sup>	0.1 ± 0.11 <sup>a</sup>	0.22 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.39 ± 0.01 <sup>a</sup>
C22:4 n-6	0.1 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.12 ± 0.17 <sup>a</sup>	0.02 ± 0 <sup>a</sup>	0.07 ± 0 <sup>a</sup>	0.43 ± 0.04 <sup>a</sup>
C22:5 n-6	3.73 ± 2.16 <sup>b</sup>	0.14 ± 0.2 <sup>a</sup>	0.43 ± 0 <sup>a</sup>	1.52 ± 0.01 <sup>ab</sup>	0.02 ± 0.02 <sup>a</sup>
C22:5 n-3	2.14 ± 1.32 <sup>b</sup>	0.18 ± 0.19 <sup>a</sup>	0.3 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.26 ± 0.02 <sup>a</sup>	5.64 ± 0.37 <sup>c</sup>
C22:6 n-3	21.41 ± 12.11 <sup>b</sup>	0.48 ± 0.13 <sup>a</sup>	29.15 ± 0.27 <sup>b</sup>	14.79 ± 0.25 <sup>ab</sup>	0.12 ± 0.03 <sup>a</sup>
SFA	36.43 ± 13.55 <sup>b</sup>	26.19 ± 2.43 <sup>ab</sup>	22.86 ± 0.05 <sup>ab</sup>	30.46 ± 0.05 <sup>ab</sup>	28.11 ± 1.15 <sup>ab</sup>
MUFA	12.74 ± 2.23 <sup>a</sup>	39.32 ± 8.43 <sup>c</sup>	11.18 ± 0.15 <sup>a</sup>	21.81 ± 0.27 <sup>ab</sup>	24.14 ± 0.01 <sup>ac</sup>
PUFA	50.83 ± 15.79 <sup>ab</sup>	34.49 ± 6 <sup>a</sup>	65.96 ± 0.2 <sup>b</sup>	47.73 ± 0.22 <sup>ab</sup>	47.74 ± 1.16 <sup>ab</sup>
HUFA	43.22 ± 11.56 <sup>c</sup>	13.97 ± 11.48 <sup>a</sup>	46.23 ± 0.48 <sup>c</sup>	40.61 ± 0.29 <sup>c</sup>	38.17 ± 0.29 <sup>bc</sup>

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 30/11/2023 10:00:57; Emisor del certificado: CN=AAC FNMT Usuarios, OU=Ceres, O=FNMT-RCM, C=ES; Firmante: EMILIO CORTES MELENDERAS; Fecha-hora: 30/11/2023 10:04:14; Emisor del certificado: CN=AAC FNMT Usuarios, OU=Ceres, O=FNMT-RCM, C=ES;





n-6 HUFA	10.16 ± 6.59 <sup>b</sup>	0.35 ± 0.35 <sup>a</sup>	2.02 ± 0.01 <sup>ab</sup>	1.78 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.32 ± 0 <sup>a</sup>
n-3 HUFA	31.86 ± 17.57 <sup>bc</sup>	12.45 ± 11.83 <sup>ab</sup>	43.13 ± 0.48 <sup>c</sup>	34.4 ± 0.25 <sup>bc</sup>	33.57 ± 0.19 <sup>bc</sup>
n-3	35.48 ± 20.44 <sup>ab</sup>	24.44 ± 0.55 <sup>a</sup>	57.8 ± 0.5 <sup>b</sup>	37.65 ± 0.23 <sup>ab</sup>	36.87 ± 0.21 <sup>ab</sup>
n-6	15.36 ± 4.65 <sup>ab</sup>	10.04 ± 6.55 <sup>a</sup>	8.13 ± 0.67 <sup>ab</sup>	9.98 ± 0.01 <sup>a</sup>	10.73 ± 0.9 <sup>a</sup>
ARA/DHA	0.06 ± 0.01 <sup>a</sup>	2.51 ± 0.68 <sup>ab</sup>	0.04 ± 0 <sup>a</sup>	0.29 ± 0 <sup>a</sup>	27.38 ± 6.82 <sup>bc</sup>
DHA/EPA	2.97 ± 0.97 <sup>b</sup>	0.07 ± 0.06 <sup>a</sup>	2.13 ± 0,01 <sup>b</sup>	0.76 ± 0.01 <sup>a</sup>	0 ± 0 <sup>a</sup>
ARA/EPA	0.17 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.2 ± 0.2 <sup>a</sup>	0.08 ± 0 <sup>a</sup>	0.22 ± 0 <sup>a</sup>	0.12 ± 0.01 <sup>a</sup>



Figura 4: Vista general de los cultivos de artemia, rotífero y copépodo. Foto: E. Cortés.

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 30/11/2023 10:00:57; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,OU=FNMT-RCM,C=ES; Firmante: EMILIO CORTES MELENDRERAS; Fecha-hora: 30/11/2023 10:04:14; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,OU=FNMT-RCM,C=ES;





UNIVERSIDAD DE MURCIA

### A.3. FUNCIONAMIENTO DE LOS DIFERENTES MÓDULOS.

Los tres módulos generales destinados al mantenimiento de *Pinna nobilis* e *Hippocampus guttulatus* evolucionan conforme a lo esperado sin problemas relacionados con exceso de nutrientes. Se aportan datos sobre los parámetros más significativos analizados.

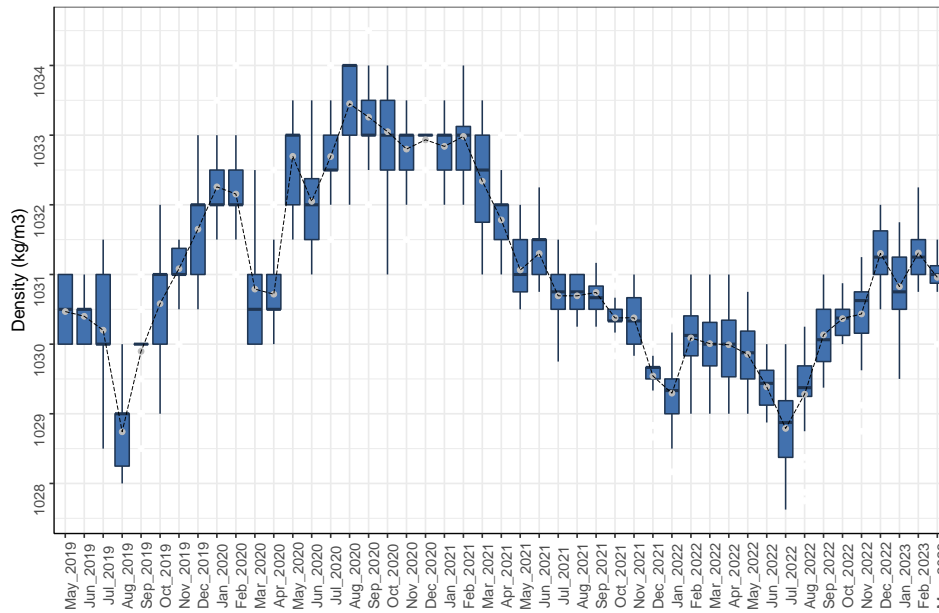


Figura 5. Densidad

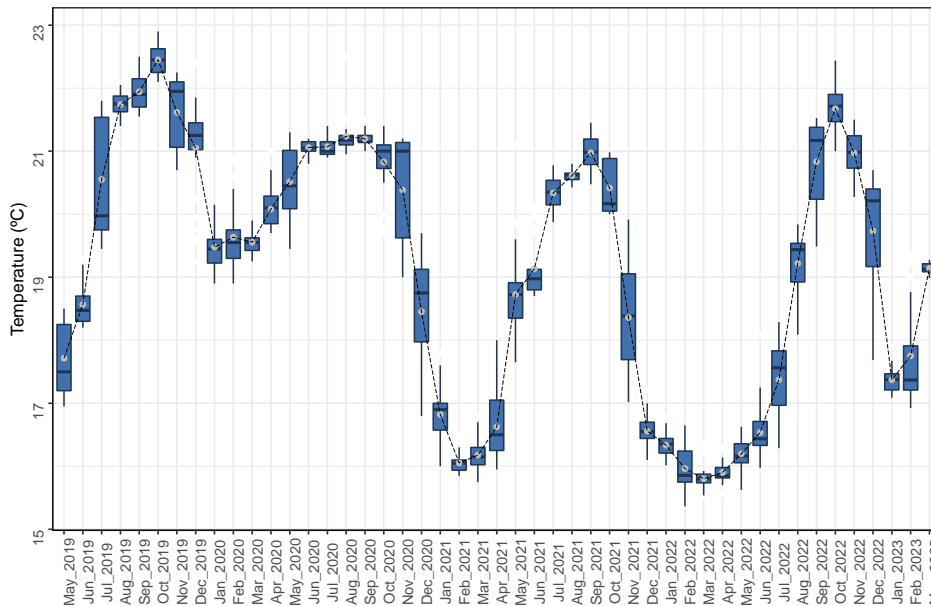


Figura 6. Temperatura

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 30/11/2023 10:00:57; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios, OU=Ceres, O=FNMT-RCM, C=ES; Firmante: EMILIO CORTES MELENDERAS; Fecha-hora: 30/11/2023 10:04:14; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios, OU=Ceres, O=FNMT-RCM, C=ES;



Acuario  
Antiguo Cuartel de Artillería. C/ Cartagena s/n, 30002 Murcia  
T. 868 888 553 – [www.aquarium.um.es](http://www.aquarium.um.es)



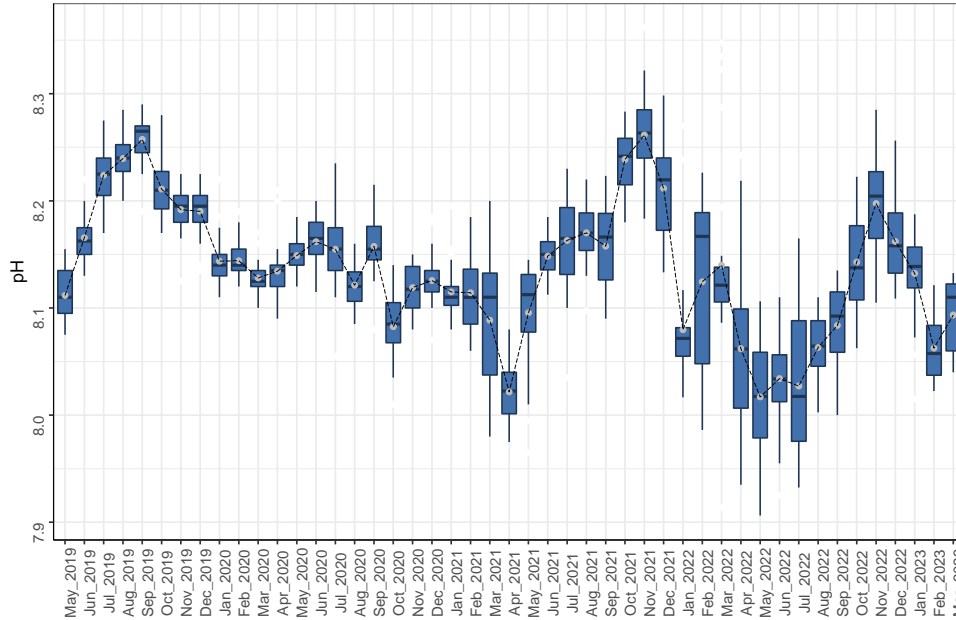


Figura 7: pH.

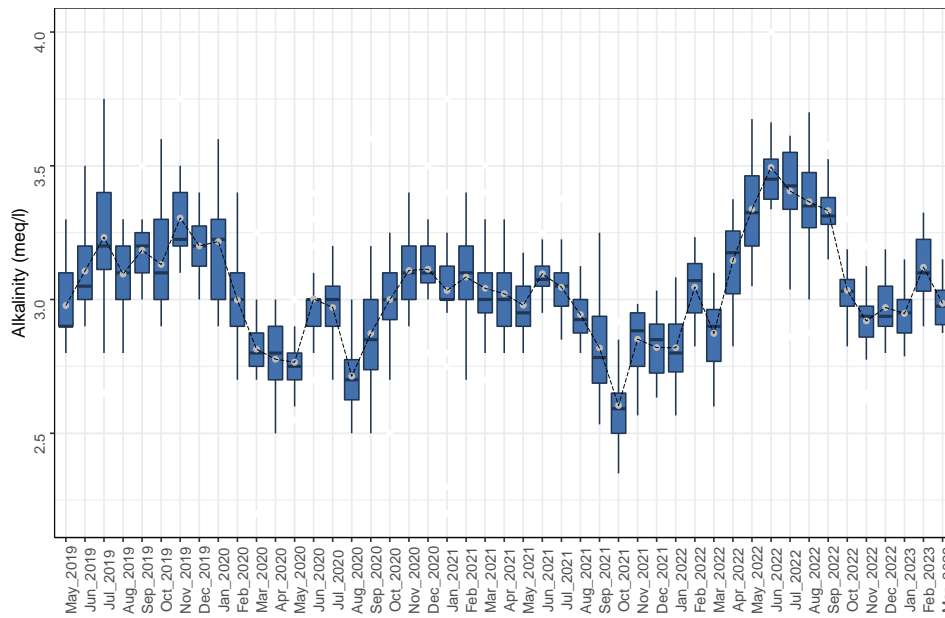


Figura 8: Alcalinidad.

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA Fecha-hora: 30/11/2023 10:00:57 Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios, OU=Ceres, O=FNMT-RCM, C=ES Firmante: EMILIO CORTES MELENDERAS Fecha-hora: 30/11/2023 10:04:14 Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios, OU=Ceres, O=FNMT-RCM, C=ES





Tabla 4. Valores máximos de nutrientes tolerados y valores óptimos de elementos y oligoelementos seleccionados

Elemento/compuesto	Concentración (mg/l)
Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) (max)	20
Fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) (max)	1.5
Calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) (op)	450
Magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) (op)	1370
Iodo ( $\text{I}_2$ ) (op)	0.07

Debido al estado de la población de caballito de mar se han destinado más tanques en los diferentes módulos para albergar stock de ejemplares F1 y F2, que puedan formar parte de los grupos destinados a proyectos de recuperación.

Al encontrarse la población del Mar Menor en estado crítico, se ha considerado oportuno comenzar a formar el grupo de ejemplares seleccionados sin pérdida de tiempo.

### Control de variables en los módulos de mantenimiento de organismos

Con el objeto de llevar a cabo un riguroso control centralizado de todas las variables que afectan a las condiciones de vida de los organismos mantenidos, como parámetros físicos y químicos, ciclos estacionales de fotoperiodo, ciclos lunares, corrientes internas, etc., se ha encargado el diseño y la programación de un sistema completo de análisis y control de la instalación.

Se trata de un sistema de especial utilidad por integrar todos los módulos en el mismo sistema de control y por la plasticidad que implica poder programar desde el laboratorio todos los ciclos y sus variaciones según necesidades, además de permitir incluir acciones de medida y control e incluso cámaras de vigilancia de los organismos mantenidos, según se considere oportuno.

En el **Anexo I** se especifican las características técnicas de funcionamiento del autómata.







### B. RESULTADOS: EVOLUCIÓN DE LOS TRABAJOS CON LAS DIFERENTES ESPECIES INCLUIDAS EN EL PROYECTO.

A continuación, se detallan los avances obtenidos en relación con los protocolos de mantenimiento y reproducción en las diferentes especies seleccionadas.

#### Nacra (*Pinna nobilis*).

En el cuarto año de trabajo con la especie se sigue avanzando en la optimización de dietas con el objeto de cerrar y optimizar los protocolos de mantenimiento en sistema cerrado.

Se han desarrollado nuevas dietas con unos perfiles nutricionales, en principio, más adecuados y sobre los que se está estudiando el resultado (Fig. 9). Se espera publicar el protocolo de mantenimiento durante los primeros meses de 2024, como parte de los trabajos realizados a partir del proyecto Banco de Especies del Mar Menor.

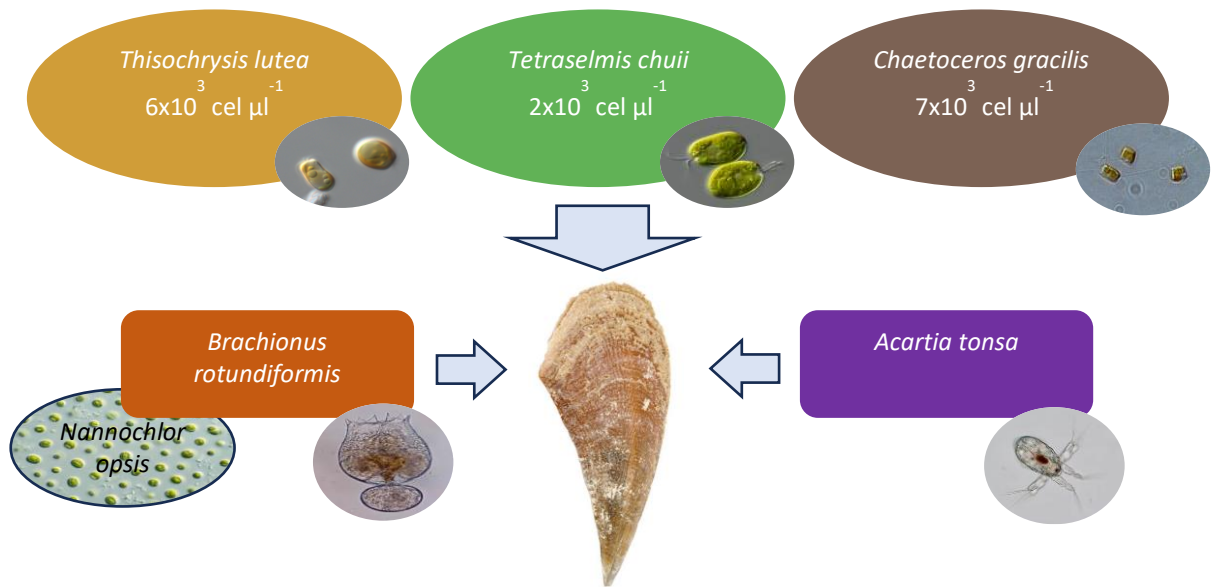


Figura 9. Esquema de protocolo de alimentación en adultos de nacra.

El trabajo realizado sobre respuesta inmune en colaboración con la Universidad de Nápoles y el IRTA ha dado como resultado el descubrimiento de un virus que afecta a la población de nacra en toda su área de distribución, debilitando su sistema inmune y haciéndola más sensible a patógenos. Este trabajo puede ser la clave para entender la crisis que está afectando a la especie desde 2016.

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA - Fecha-hora: 30/11/2023 10:00:57 - Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios, OU=Ceres, O=FNMT-RCM, C=ES. Firmante: EMILIO CORTES MELENDRERAS - Fecha-hora: 30/11/2023 10:04:14 - Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios, OU=Ceres, O=FNMT-RCM, C=ES.





La supervivencia de los ejemplares en el Acuario ha sido afectada por determinados procedimientos realizados por una parte choques térmicos con el fin de inducir la liberación de gametos en los eventos reproductores y por otra las extracciones de hemolinfa para el proyecto de respuesta inmune. En la gráfica de la figura 10 se aprecian los momentos de realización de los procedimientos, relacionados con la mortalidad inducida.

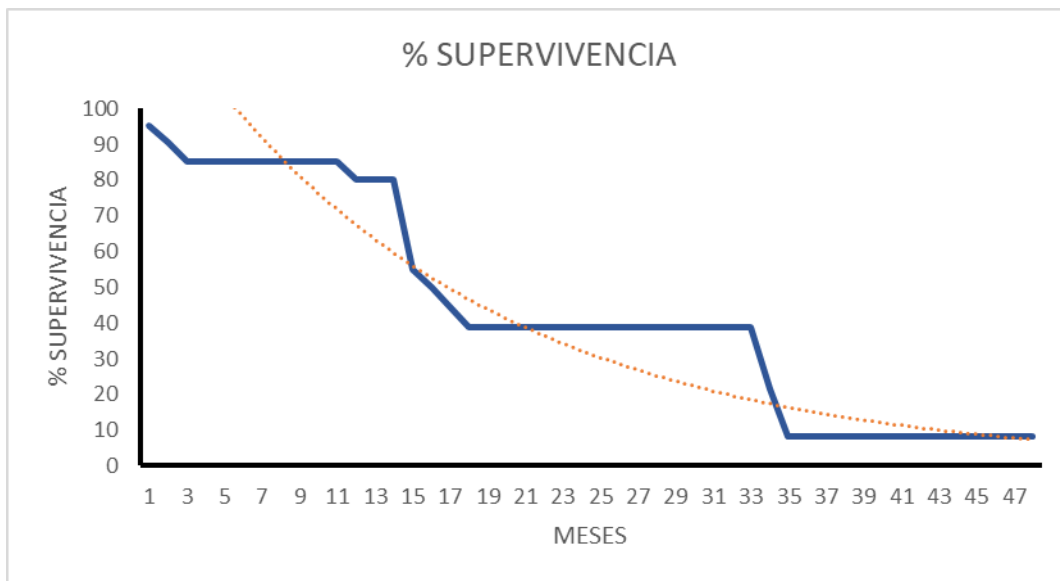


Figura 10: Supervivencia en el tiempo de *Pinna nobilis* en el Acuario de la UMU.

Durante los meses de junio y julio de 2023 se llevaron a cabo experiencias de reproducción siguiendo un patrón de inducción naturalizada con maduración de ejemplares *in situ* y *ex situ* que tuvo como resultado diferentes episodios coordinados de liberación de gametos.

En las fases de desarrollo larvario se consiguió avanzar con respecto a otros años hasta alcanzar la fase umbonada. En este momento hay un artículo en proceso de publicación sobre la reproducción de nacra que estará integrado en los resultados finales del proyecto.

### Caballito de mar (*Hippocampus guttulatus*).

Tras la formación del primer grupo reproductor de *H. guttulatus* a partir de ejemplares juveniles sin diferenciar, capturados en mayo - junio de 2021, se ha tratado de encontrar ejemplares para formar otro grupo reproductor complementario, durante

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 30/11/2023 10:00:57; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios, OU=Ceres, O=FNMT-RCM, C=ES; Firmante: EMILIO CORTES MELENDRERAS; Fecha-hora: 30/11/2023 10:04:14; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios, OU=Ceres, O=FNMT-RCM, C=ES;





las primaveras de 2022 y 2023 sin éxito debido al precario estado de la población en la laguna.

A partir del grupo reproductor original se ha llegado a cerrar el ciclo y en este momento se cuenta con un stock de alrededor de 2500 ejemplares F1 y F2 destinados a los proyectos de recuperación de la especie.

Entre los juveniles F1 ya se observan ejemplares maduros que han iniciado cortejos a su vez y se prevé que en breve haya juveniles F2. Para que estos sean aceptados dentro del stock de cría del Proyecto, deben ser seleccionados para controlar sus cruzamientos y que se mantenga estable la variabilidad genética del grupo.



Figura 11: Juveniles de *Hippocampus guttulatus* recogidos tras el parto. Foto: E. Cortés.

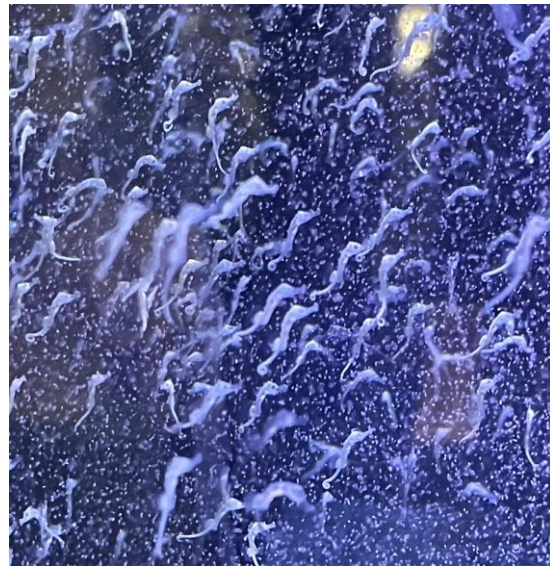


Figura 12: Juveniles de *Hippocampus guttulatus* de dos días de edad. Foto: E. Cortés.

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 30/11/2023 10:00:57; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios, OU=Ceres, O=FNMT-RCM, C=ES; Firmante: EMILIO CORTES MELENDERAS; Fecha-hora: 30/11/2023 10:04:14; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios, OU=Ceres, O=FNMT-RCM, C=ES;







Figura 13: Ejemplares F1 de *Hippocampus guttulatus*. Foto: E. Cortés.

### Aguja de río (*Syngnathus abaster*).

Se sigue contando con un grupo de reproductores descendientes de los ejemplares reproductores originales de la especie recogidos por agentes medioambientales, en las zonas anóxicas generadas en la Manga durante los meses de agosto y septiembre de 2021.

El ciclo de vida de *S. abaster* es anual, por lo que se debe contar con un amplio grupo reproductor para poder mantener una buena variabilidad genética a lo largo de los años.

De momento, una vez establecido el protocolo de mantenimiento y reproducción *ex situ*, no se considera necesario generar stock hasta que no se amplíen las instalaciones durante la segunda fase del proyecto, ya que la población en la laguna parece estar evolucionando adecuadamente.





### Aguja mula (*Syngnathus typhle*).

La mortalidad alcanzada en el grupo de los singnátidos a causa de los efectos negativos de la DANA de 2019 fue muy elevada y esta especie se vio muy afectada, debido a que su población en el Mar Menor es mucho más reducida que la de la aguja de río (*Syngnathus abaster*).

Sin embargo, se ha observado una rápida recuperación de la población en la laguna por lo que una vez establecidos los protocolos de mantenimiento y reproducción ex situ se procede a mantener el grupo reproductor sin generar stock para recuperación.



1Figura 14: Ejemplares juveniles y adultos de *Syngnathus abaster*.

### Zorro (*Gobius niger*).

Al igual que el año pasado, en el caso del zorro, ya está cerrado el protocolo de mantenimiento y reproducción en sistema cerrado, pendiente de optimización. En este momento se deja el grupo reproductor en un proceso de reposo, para dedicar más esfuerzo a las especies en regresión en la laguna.

### Saltón (*Salaria pavo*).

En el caso del saltón, también se han cerrado y optimizado los protocolos de mantenimiento y reproducción. Del mismo modo que con el zorro también se procede a mantener el grupo reproductor en reposo para dedicar más atención a otras especies en regresión.

### Fartet (*Apricaphanius iberus*).

Los protocolos de mantenimiento y reproducción de esta especie se han cerrado y optimizado.

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA. Fecha-hora: 30/11/2023 10:00:57. Emisor del certificado: CN=AAC FNMT Usuarios, OU=Ceres, O=FNMT-RCM, C=ES.  
Firmante: EMILIO CORTES MELENDERAS. Fecha-hora: 30/11/2023 10:04:14. Emisor del certificado: CN=AAC FNMT Usuarios, OU=Ceres, O=FNMT-RCM, C=ES.







UNIVERSIDAD DE  
MURCIA

Se mantiene un grupo reproductor en estado de reposo debido al saludable estado de la población en su hábitat natural

## PRÓXIMAS ESPECIES A ABORDAR

### **Dragoncillo (*Callionymus pusillus*).**

La población de dragoncillo, especie característica de zonas de arena en el Mar Menor próximas a la Manga, entró en un proceso de regresión, paralelo al deterioro de la calidad de aguas Menor llegando a ser muy difícil de encontrar. Se han vuelto a observar ejemplares de la especie en la zona de la manga, tras cuatro años en los que parecía haber desaparecido la especie. Durante 2024 se procederá a la formación de un grupo reproductor y la elaboración de los protocolos de reproducción.

### **Gobio de arena (*Pomatoschistus marmoratus*) y Chirrete (*Atherina boyeri*).**

Se va a proceder a la recogida de ejemplares reproductores para formar los grupos de cría de estas dos especies. Los protocolos de mantenimiento están cerrados a falta de optimizar y se espera abordar su reproducción durante 2024. Sus poblaciones no están en peligro en la actualidad en la laguna, por lo que no han sido consideradas como prioritarias en el proyecto.

### **Nacra de roca (*Pinna rudis*).**

Se pretende incluir la nacra de roca (*Pinna rudis*) cuya población en la gola de Marchamalo parece estar en proceso de recuperación. Es muy interesante trabajar con esta especie para conseguir ampliar el conocimiento sobre la biología de otras especies de la familia Pinnidae y así de esta forma comparar resultados en los diferentes protocolos aplicados en *Pinna nobilis*. Por lo tanto, se intentará abordar también la obtención de los protocolos de mantenimiento y reproducción en *Pinna rudis*.

### **Cangrejo verde mediterráneo (*Carcinus aestuarii*),**

Al no tratarse de una especie en peligro se ha considerado, una vez obtenidos los protocolos de mantenimiento, posponer los de reproducción hasta que se hayan establecido en el resto de especies, para no restar esfuerzo en especies de mayor interés en conservación.





UNIVERSIDAD DE MURCIA

### SEGUIMIENTO: OBJETIVOS

**OBJETIVO GENERAL:** Garantizar la permanencia en el tiempo de las especies representativas del ecosistema del Mar Menor, independientemente de factores ambientales adversos.

**OBJETIVO ESPECÍFICO:** Puesta en marcha de un Banco de Especies del Mar Menor en el periodo 2020 – 2024.

### RESULTADOS:

**R.1:** Montaje de una instalación de 4 módulos dedicada al mantenimiento de las especies seleccionadas para el Proyecto.

**R.2:** Desarrollo de protocolos de mantenimiento de las especies seleccionadas.

**R.3:** Desarrollo de los protocolos de reproducción de las especies seleccionadas.

**R.4:** Optimización de los protocolos de mantenimiento y reproducción.

### AVANCES EN LOS INDICADORES DEL PROYECTO

Los datos sobre los que se sustentan los indicadores se pueden observar en la tabla resumen a continuación.

Tabla 5: Resultados del proyecto Banco de Especies.

Especies	Protocolo de Mantenimiento	Protocolo de Reproducción	Versión del Protocolo
Nacra ( <i>Pinna nobilis</i> )	85%	70%	5
Caballito de mar de hocico largo ( <i>Hippocampus guttulatus</i> )	100%	100%	4
Aguja de río ( <i>Syngnathus abaster</i> )	100%	100%	3
Aguja Mula ( <i>Syngnathus typhle</i> )	100%	100%	2
Fartet ( <i>Aphanius iberus</i> )	100%	100%	1
Zorro ( <i>Gobius niger</i> )	100%	100%	1
Gobio de arena ( <i>Pomatochistus marmoratus</i> )	100%	0%	1
Gallerbo, Saltón ( <i>Salarias pavo</i> )	100%	100%	1
Chirrete ( <i>Atherina boyeri</i> )	75%	0%	1
Dragoncillo ( <i>Callionymus pusillus</i> ).	100%	0%	1
<b>TOTAL</b>	<b>96%</b>	<b>67,5%</b>	<b>5</b>

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA. Fecha-hora: 30/11/2023 10:00:57. Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios, OU=Ceres, O=FNMT-RCM, C=ES. Firmante: EMILIO CORTES MELENDRERAS. Fecha-hora: 30/11/2023 10:04:14. Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios, OU=Ceres, O=FNMT-RCM, C=ES.



Acuario  
Antiguo Cuartel de Artillería. C/ Cartagena s/n, 30002 Murcia  
T. 868 888 553 – [www.aquarium.um.es](http://www.aquarium.um.es)





UNIVERSIDAD DE  
MURCIA

## ARTÍCULOS PUBLICADOS EN RELACIÓN CON EL PROYECTO BANCO DE ESPECIES DEL MAR MENOR:

Los artículos se envían en el **Anexo II**.

- Cortés Melendreras, E.; Giménez Casalduero, F. La nacra y el Mar Menor. Historias paralelas. Argos nº19. 2021.
- Cortés Melendreras, E. Acuariología y Conservación: La aguja de río (*Syngnathus abaster* Risso, 1827) en el Mar Menor. Argos nº22. Sept. 2022.
- Cortés-Melendreras, E., Gomariz-Castillo, F., Alonso-Sarría, F., Martín, F. J. G., Murcia, J., Canales-Cáceres, R., ... & Giménez-Casalduero, F. (2022). The relict population of *Pinna nobilis* in the Mar Menor is facing an uncertain future. *Marine Pollution Bulletin*, 185, 114376.
- Giménez-Casalduero, F., Gomariz-Castillo, F., Alonso-Sarría, F., Cortés, E., Izquierdo-Muñoz, A., & Ramos-Esplá, A. A. (2020). *Pinna nobilis* in the Mar Menor coastal lagoon: a story of colonization and uncertainty. *Marine Ecology Progress Series*, 652, 77-94.
- Lopez-Nuñez, R.; Cortés Melendreras, E.; Giménez Casalduero, F.; Prado, P.; Lopez-Moya, F.; Lopez-Llorca, L.V. Detection of *Haplosporidium pinnae* from *Pinna nobilis* Faeces. *J. Mar. Sci. Eng.* 2022, 10, 276. <https://doi.org/10.3390/jmse10020276>.

## BIBLIOGRAFÍA

- Carella, F., Prado, P., De Vico, G., Palic, D., Villari, G., Garcia-March, J. R., ... & Aceto, S. (2023). A WIDESPREAD PICORNAVIRUS AFFECTS THE HAEMOCYTES OF THE NOBLE PEN SHELL (*PINNA NOBILIS*) LEADING TO IMMUNOSUPPRESSION. *bioRxiv*, 2023-11.
- Doadrio, I. y Perea, S. 2020. "Análisis genético del Fartet. Acción A4 del Plan de Recuperación del Fartet en la Región de Murcia". Informe Dirección General de Medio Natural.
- J.-C. Joyeux, J.-A. Tomasini, J.-L. Bouchereau. Modalites de la reproduction de *Gobius niger* (Teleostei, Gobiidae) dans une lagune Méditerranéenne. *Vie et Milieu /Life & Environment*, Observatoire Océanologique - Laboratoire Arago, 1992, pp.1-13. hal-03044220.
- Spotte, Stephen. *Captive seawater fishes: Science and Technology*. 1992. Isbn: 0471545546.
- Trigos, S., Vicente, N., Prado, P., Espinós, F.J., 2018. Adult spawning and early larval development of the endangered bivalve *Pinna nobilis*. *Aquaculture* 483, 102–110. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.10.015>.





UNIVERSIDAD DE  
MURCIA

Fdo: Emilio Cortés Melendreras.  
Ezequiel Martínez Ortega.

29/11/2023

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 30/11/2023 10:00:57; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,OU=FNMT-RCM,C=ES;  
Firmante: EMILIO CORTES MELENDRERAS; Fecha-hora: 30/11/2023 10:04:14; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,OU=FNMT-RCM,C=ES;



**Acuario**  
Antiguo Cuartel de Artillería. C/ Cartagena s/n, 30002 Murcia  
T. 868 888 553 – [www.aquarium.um.es](http://www.aquarium.um.es)



22

Código seguro de verificación: RUxFMryt-8JMU8UL8-m1+6uOki-IxJhPht5

COPIA ELECTRÓNICA - Página 22 de 22

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento administrativo electrónico archivado por la Universidad de Murcia, según el artículo 27.3 c) de la Ley 39/2015, de 1 de octubre. Su autenticidad puede ser contrastada a través de la siguiente dirección: <https://sede.um.es/validador/>