**MEMORIA JUSTIFICATIVA DE LA SUBVENCIÓN ANUAL DEL PROYECTO BANCO DE ESPECIES EMBLEMÁTICAS Y DE SINGULAR IMPORTANCIA DEL MAR MENOR. DICIEMBRE 2024.**

**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 trascurso 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: 26/12/2024 20:28:16; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Firmante: EMILIO CORTÉS MELENDRERAS; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:56; 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

Código seguro de verificación: RUxFMjI/-C5YXSNAo-qlSS05Cw-vELtNDPC
COPIA ELECTRÓNICA - Página 1 de 23
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/

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, financiado por la C.A.R.M.

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 perdida 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 ultimas 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 (*Apricaphanius iberus*).
- Zorro (*Gobius niger*).
- Gobio de arena (*Pomatoschistus marmoratus*).
- Gallerbo, Saltón (*Salarias pavo*).
- Chirrete (*Atherina boyeri*).
- Dragoncillo (*Callionymus pusillus*).
- Nacra de roca (*Pinna rudis*).

**ESPECIES EN RESERVA**

- Aguja de mar (*Syngnathus acus*).
- Cangrejo mediterráneo común (*Carcinus aestuari*).

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:16; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Firmante: EMILIO CORTÉS MELENDRERAS; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:56; 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

Código seguro de verificación: RUxFMjI/-C5YXSNAo-qlSS05Cw-vELtNDPC
COPIA ELECTRÓNICA - Página 2 de 23
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/

## CONSIDERACIONES RESPECTO A ESPECIES PARTICULARES

Los ejemplares de la especie *Pinna rudis* localizados en la Gola de Marchamalo han sido encontrados muertos debido a su exposición a aguas en condiciones de hipoxia.

De cualquier forma, se ha considerado interesante trabajar con esta especie para poder ampliar el conocimiento sobre la biología de otras especies de la familia Pinnidae, con el fin de comparar resultados entre los diferentes protocolos aplicados en el caso de *Pinna nobilis*.

Se ha procedido a la recolección de un grupo de ejemplares reproductores, provenientes del Mediterráneo, con los que se han abordado los eventos de cría correspondientes al verano de 2024, en condiciones *ex situ*.

Sobre la aguja de mar (*Syngnathus acus*), se ha localizado un ejemplar en la laguna, pero no ha sido recolectado hasta no tener constancia de la presencia de más ejemplares para formar un grupo reproductor.

Con relación al cangrejo verde mediterráneo (*Carcinus aestuarii*) se continúa posponiendo su inclusión en el proyecto por la falta de espacio y por no tratarse de una especie que se considere de momento en peligro, aunque la población de la laguna ha entrado en una evidente fase de regresión debido a la presión depredadora ejercida por el cangrejo azul (*Callinectes sapidus*).

## BANCO DE ESPECIES EMBLEMÁTICAS Y DE SINGULAR IMPORTANCIA DEL MAR MENOR. FASE 1. AÑO 4

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 5 años, prorrogables, 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.



Acuario
Antiguo Cuartel de Artillería. C/ Cartagena s/n, 30002 Murcia

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:16; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Firmante: EMILIO CORTÉS MELENDRERAS; Fecha-hora: 26/12/2024 20:29:56; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Código seguro de verificación: RUxFMjI/-C5YXSNAo-qlSS05Cw-vELtNDPC
COPIA ELECTRÓNICA - Página 3 de 23
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/

El presente informe describe los avances que se han llevado a cabo durante el cuarto año de trabajo en el proyecto, desde el día 30 de octubre de 2023 hasta el 30 de noviembre de 2024.

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 comenzaron 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 comenzó con el estudio sobre perfiles nutricionales adecuados para optimizar la alimentación de las diferentes especies objetivo, fundamentalmente la nacra (*Pinna nobilis*) y el caballito de mar (*Hippocampus guttulatus*). Ese trabajo se ha extendido hasta esta anualidad en busca de la optimización de las dietas y la mejora de los protocolos de mantenimiento.

El trabajo se ha centrado por una parte en los cultivos de fito y zooplancton y por otra en el alimento congelado utilizado para los adultos de las especies seleccionadas.

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:16; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Firmante: EMILIO CORTÉS MELENDRERAS; Fecha-hora: 26/12/2024 20:29:56; 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

@dministración electrónica
Código seguro de verificación: RUxFMjI/-C5YXSNAo-qlSS05Cw-vELtNDPC
COPIA ELECTRÓNICA - Página 4 de 23
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/

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 predominen perfiles ricos en ácidos grasos poliinsaturados, necesarios para el correcto desarrollo de adultos, juveniles y larvas de las diferentes especies alimentadas.

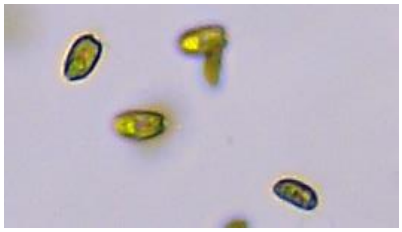

Figura 1: *Tetraselmis chuii.* Foto: Emilio Cortés

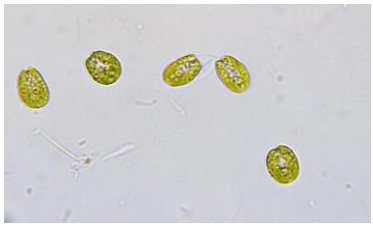

Figura 2: *Tisochrysis lutea.* Foto: E. Cortés.

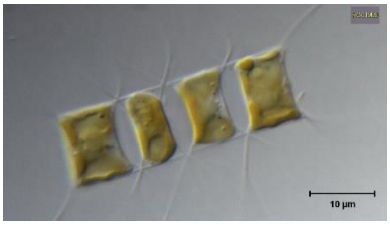


Figura 3: *Chaetoceros calcitrans.* Foto: Roscoff Culture Collection

Los perfiles nutricionales pueden llegar a variar con el tiempo en las especies de cultivo seleccionadas, debido a cambios ambientales como condiciones de temperatura o iluminación. Mientras que las condiciones de temperatura son más estables, las condiciones de iluminación que en un principio eran siempre similares por el uso de fuentes lumínicas estándar, con el tiempo se han visto afectadas por la transición hacia fuentes de luz con consumos más optimizados, por lo que se continúan evaluando los diferentes perfiles nutricionales para detectar cualquier anomalía que altere los resultados necesarios en la optimización del alimento.

Durante los últimos meses de 2024 se ha procedido a la progresiva eliminación de los cultivos de *Phaeodactylum tricornutum* debido a los inconvenientes que genera con su estructura esquelética en la alimentación de *Pinna nobilis*, sustituyéndola por otras diatomeas como *Chaetoceros calcitrans* y *C. gracilis*.

Tras observar la evolución de los perfiles nutricionales en los cultivos de fitoplancton en el tiempo, se han mantenido en cultivo las siguientes especies:

- *Tetraselmis chuii*
- *Tetraselmis suecica*
- *Tisochrysis lutea*



**Acuario**
Antiguo Cuartel de Artillería. C/ Cartagena s/n, 30002 Murcia

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:16; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Firmante: EMILIO CORTÉS MELENDRERAS; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:56; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
@dministración electrónica
Código seguro de verificación: RUxFMjI/-C5YXSNAo-qlSS05Cw-vELtNDPC
COPIA ELECTRÓNICA - Página 5 de 23
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/

- *Nannochloropsis gaditana*
- *Chaetoceros gracilis*
- *Chaetoceros calcitrans*.
- *Isochrysis galbana* (Clon G-ISO).

En la Tabla 1.1 se identifican perfiles nutricionales de referencia en distintas especies de fitoplancton. En la Tabla 1.2 se muestran los resultados obtenidos del estudio de las diferentes cepas cultivadas en el Acuario de la UMU durante los estudios realizados en 2023.
En la tabla 1.3 se observa el porcentaje de los diferentes ácidos grasos en las especies de fitoplancton analizadas. Estos datos corresponden a los obtenidos durante los estudios realizados en 2024 para la optimización de los perfiles nutricionales.

Tabla 1.1 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. | - | - | - | - |

Tabla 1.2 Porcentajes de los diferentes ácidos grasos en las microalgas cultivadas.

| | **Microalgas** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Ácidos grasos** | *Chlorella sp.* | *G-Iso* | *N. gaditana* | *T.chuii* | *T.lutea* |
| C12 | 0.83 ± 1.02[a] | 1.26 ± 0.06[a] | 0.39 ± 0.05[a] | 2.31 ± 0.13[a] | 1.01 ± 0.23[a] |
| C14 | 0.26 ± 0.02[a] | 0.21 ± 0.03[a] | 5.48 ± 0.19[a] | 0.24 ± 0.01[a] | 0.39 ± 0.00[a] |



Acuario
Antiguo Cuartel de Artillería. C/ Cartagena s/n, 30002 Murcia

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:16; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Firmante: EMILIO CORTÉS MELENDRERAS; Fecha-hora: 26/12/2024 20:29:56; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
@dministración electrónica
Código seguro de verificación: RUxFMjI/-C5YXSNAo-qlSS05Cw-vELtNDPC
COPIA ELECTRÓNICA - Página 6 de 23
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/

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| C14:1 | 0.05 ± 0.02$^{a}$ | 0.42 ± 0.07$^{bd}$ | 0.09 ± 0.02$^{a}$ | 0.52 ± 0.08$^{d}$ | 0.32 ± 0.02$^{b}$ |
| C16 | 13.69 ± 2.96$^{ab}$ | 11.65 ± 1.45$^{a}$ | 26.85 ± 0,.8$^{b}$ | 26.94 ± 0.31$^{b}$ | 10.31 ± 0.33$^{a}$ |
| C16:1 n-9 | 2.88 ± 0.43$^{b}$ | 0.50 ± 0.01$^{a}$ | 0.8 ± 0.00$^{a}$ | 3.70 ± 0.01$^{b}$ | 0.44 ± 0.03$^{a}$ |
| C16:1 n-7 | 5.53 ± 0.84$^{a}$ | 5.97 ± 0.03$^{a}$ | 23.77 ± 0.07$^{b}$ | 0.86 ± 0.1$^{a}$ | 0.00 ± 0.00$^{a}$ |
| C18 | 1.40 ± 0.31$^{a}$ | 1.29 ± 0.75$^{a}$ | 1.14 ± 0.12$^{a}$ | 5.49 ± 0.44$^{a}$ | 0.59 ± 0.09$^{a}$ |
| C18:1 n-9 | 11.05 ± 1.20$^{c}$ | 6.07 ± 0.14$^{b}$ | 3.58 ± 0.07$^{a}$ | 13.36 ± 0.2$^{d}$ | 7.72 ± 0.06$^{b}$ |
| C18:1 n-7 | 0.78 ± 0.09$^{ab}$ | 0.97 ± 0.08$^{ab}$ | 0.38 ± 0.02$^{a}$ | 5.4 ± 0.36$^{c}$ | 1.01 ± 0.01$^{b}$ |
| C18:2 n-6 | 18.14 ± 2.06$^{b}$ | 3.98 ± 0.17$^{a}$ | 2.17 ± 0.01$^{a}$ | 3.39 ± 0.12$^{a}$ | 3.84 ± 0.04$^{a}$ |
| C20 | 11.10 ± 11.97$^{a}$ | 0.12 ± 0.02$^{a}$ | 0.22 ± 0.01$^{a}$ | 0.32 ± 0.1$^{a}$ | 0.05 ± 0.01$^{a}$ |
| C18:3 n-6 | 0.08 ± 0.11$^{a}$ | 1.31 ± 0.11$^{b}$ | 0.35 ± 0.01$^{a}$ | 0.18 ± 0.03$^{a}$ | 1.59 ± 0.05$^{b}$ |
| C18:3 n-3 | 17.36 ± 1.13$^{d}$ | 6.99 ± 0.61$^{b}$ | 0.1 ± 0.01$^{a}$ | 14.87 ± 0.32$^{c}$ | 7.95 ± 0.13$^{b}$ |
| C18:4 n-3 | 0.00 ± 0.00$^{a}$ | 25.98 ± 1.05$^{b}$ | 0.11 ± 0.00$^{a}$ | 2.38 ± 0.06$^{a}$ | 27.12 ± 1.12$^{b}$ |
| C20:2 n-6 | 0.09 ± 0.03$^{a}$ | 0.16 ± 0.03$^{a}$ | 0.13 ± 0.01$^{a}$ | 0.32 ± 0.02$^{a}$ | 0.11 ± 0.06$^{a}$ |
| C20:3 n-9 | 0.16 ± 0.02$^{a}$ | 0.06 ± 0.00$^{a}$ | 0.11 ± 0.03$^{a}$ | 0.15 ± 0.04$^{a}$ | 0.03 ± 0.05$^{a}$ |
| C22 | 0.71 ± 0.3$^{a}$ | 0.4 ± 0.05$^{a}$ | 0.33 ± 0.22$^{a}$ | 0.89 ± 0.13$^{a}$ | 0.93 ± 0.73$^{a}$ |
| C20:3n-6 | 0.17 ± 0.00$^{a}$ | 9.48 ± 0.33$^{c}$ | 0.35 ± 0.07$^{a}$ | 1.06 ± 0.01$^{b}$ | 8.97 ± 0.18$^{c}$ |
| C22:1 n-9 | 0.02 ± 0.01$^{a}$ | 0.05 ± 0.01$^{a}$ | 2.3 ± 0.37$^{b}$ | 2.02 ± 0.1$^{b}$ | 0.05 ± 0.01$^{a}$ |
| C20:4 n-6 | 0.92 ± 0.11$^{a}$ | 0.07 ± 0.00$^{a}$ | 1.37 ± 1.83$^{a}$ | 0.67 ± 0.8$^{a}$ | 0.1 ± 0.00$^{a}$ |
| C22:2 n-6 | 0.16 ± 0.03$^{a}$ | 0.16 ± 0.02$^{a}$ | 0.12 ± 0.01$^{a}$ | 0.45 ± 0.11$^{b}$ | 0.14 ± 0.04$^{a}$ |
| C20:5 n-3 | 13.88 ± 0.9$^{ab}$ | 0.79 ± 0.03$^{a}$ | 29.26 ± 0.28$^{ab}$ | 6.1 ± 0.06$^{ab}$ | 0.74 ± 0.03$^{a}$ |
| C24 | 0.19 ± 0.13$^{a}$ | 0.23 ± 0.02$^{a}$ | 0.12 ± 0.08$^{a}$ | 0.57 ± 0.29$^{a}$ | 0.24 ± 0.07$^{a}$ |
| C24:1 n-9 | 0.08 ± 0.01$^{a}$ | 0.2 ± 0.01$^{a}$ | 0.04 ± 0.01$^{a}$ | 0.45 ± 0.64$^{a}$ | 0.54 ± 0.47$^{a}$ |
| C22:4 n-6 | 0.02 ± 0.03$^{a}$ | 0.06 ± 0.02$^{a}$ | 0.05 ± 0.00$^{a}$ | 0.63 ± 0.56$^{a}$ | 0.2 ± 0.04$^{a}$ |
| C22:5 n-6 | 0.04 ± 0.06$^{a}$ | 1.61 ± 0.07$^{c}$ | 0.04 ± 0.04$^{a}$ | 0.3 ± 0.03$^{b}$ | 2.05 ± 0.11$^{d}$ |
| C22:5 n-3 | 0.2 ± 0.04$^{a}$ | 0.17 ± 0.05$^{a}$ | 0.23 ± 0.18$^{a}$ | 0.47 ± 0.23$^{a}$ | 0.05 ± 0.08$^{a}$ |
| C22:6 n-3 | 0.2 ± 0.14$^{a}$ | 19.84 ± 0.12$^{c}$ | 0.1 ± 0.03$^{a}$ | 6.01 ± 0.45$^{b}$ | 23.6 ± 0.99$^{d}$ |
| SFA | 28.19 ± 7.23$^{a}$ | 15.16 ± 2.16$^{a}$ | 34,53 ± 0,8$^{a}$ | 36,77 ± 1,12$^{a}$ | 13,53 ± 0,01$^{a}$ |
| MUFA | 20.39 ± 2.59$^{ab}$ | 14.18 ± 0.36$^{a}$ | 30.96 ± 0.41$^{b}$ | 26.31 ± 0.2$^{b}$ | 10.08 ± 0.48$^{a}$ |
| PUFA | 51.42 ± 4.65$^{ac}$ | 70.67 ± 1.81$^{c}$ | 34.51 ± 1.21$^{a}$ | 36.98 ± 1$^{a}$ | 76.49 ± 0.49$^{c}$ |
| HUFA | 15.6 ± 1.29$^{a}$ | 32.08 ± 0.18$^{a}$ | 31.52 ± 1.21$^{a}$ | 15.39 ± 0.37$^{a}$ | 35.75 ± 0.87$^{a}$ |
| n-6 HUFA | 0.23 ± 0.09$^{a}$ | 11.16 ± 0.28$^{c}$ | 0.44 ± 0.1$^{a}$ | 1.99 ± 0.58$^{b}$ | 11.22 ± 0.11$^{c}$ |
| n-3 HUFA | 14.29 ± 1.07$^{a}$ | 20.8 ± 0.11$^{a}$ | 29.6 ± 0.49$^{a}$ | 12.58 ± 0.63$^{a}$ | 24.39 ± 1.03$^{a}$ |
| n-3 | 31.65 ± 2.21$^{a}$ | 53.77 ± 1.76$^{a}$ | 29.8 ± 0.48$^{a}$ | 29.82 ± 1.02$^{a}$ | 59.45 ± 0.22$^{a}$ |
| n-6 | 19.61 ± 2.43$^{b}$ | 16.84 ± 0.05$^{b}$ | 4.59 ± 1.72$^{a}$ | 7.01 ± 0.02$^{a}$ | 17 ± 0.22$^{b}$ |
| ARA/DHA | 5.69 ± 3.39$^{a}$ | 0.00 ± 0.00$^{a}$ | 16.32 ± 22.18$^{a}$ | 0.12 ± 0.14$^{a}$ | 0.00 ± 0.00$^{a}$ |
| DHA/EPA | 0.01 ± 0.01$^{a}$ | 25.11 ± 0.92$^{b}$ | 0.00 ± 0.00$^{a}$ | 0.99 ± 0.08$^{a}$ | 31.88 ± 2.6$^{c}$ |
| ARA/EPA | 0.07 ± 0.00$^{a}$ | 0.08 ± 0.01$^{a}$ | 0.05 ± 0.06$^{a}$ | 0.11 ± 0.13$^{a}$ | 0.13 ± 0.01$^{a}$ |

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:16; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Firmante: EMILIO CORTÉS MELENDRERAS; Fecha-hora: 26/12/2024 20:29:56; 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

Código seguro de verificación: RUxFMjI/-C5YXSNAo-qlSS05Cw-vELtNDPC
COPIA ELECTRÓNICA - Página 7 de 23
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/

Tabla 1.3 Porcentaje de los diferentes ácidos grasos en las especies de fitoplancton analizadas. Estos datos corresponden a los obtenidos durante los estudios realizados en 2024 parala optimización de los perfiles nutricionales.

| Ácido Graso | *Isochrysis galbana G-Iso* | *Chaetoceros gracilis* | *Tisochrysis lutea* | *Microchloropsis gaditana* | *Phaeodactylum tricornutum* | *Tetraselmis chui* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| C12 | 2,78 ± 0,09 | 1,92 ± 0,26 | 2,33 ± 0,07 | 2,66 ± 0,30 | 3,19 ± 0,12 | 5,02 ± 0,84 |
| C14 | 2,59 ± 0,25 | 7,25 ± 1,65 | 2,38 ± 0,91 | 5,63 ± 0,67 | 9,98 ± 1,23 | 1,47 ± 0,32 |
| C14:1 | 0,64 ± 0,07 | 0,70 ± 0,17 | 0,46 ± 0,05 | 0,32 ± 0,14 | 0,12 ± 0,08 | 0,15 ± 0,29 |
| C16 | 10,25 ± 1,60 | 22,52 ± 1,54 | 10,65 ± 1,64 | 14,40 ± 0,68 | 8,19 ± 0,72 | 22,99 ± 4,21 |
| C16:1 n-9 | 0,47 ± 0,10 | 1,28 ± 0,14 | 0,18 ± 0,13 | 1,56 ± 0,03 | 1,09 ± 0,06 | 3,27 ± 0,80 |
| C16:1 n-7 | 4,51 ± 0,16 | 31,04 ± 0,98 | 3,55 ± 0,15 | 14,58 ± 1,33 | 15,72 ± 1,57 | 0,75 ± 0,08 |
| C18 | 3,30 ± 1,07 | 5,17 ± 1,03 | 3,92 ± 0,37 | 2,46 ± 0,42 | 0,73 ± 0,33 | 2,79 ± 0,50 |
| C18:1 n-9 | 0,00 ± 0,00 | 0,65 ± 0,12 | 5,02 ± 0,13 | 1,45 ± 0,16 | 0,82 ± 0,09 | 6,88 ± 1,08 |
| C18:1 n-7 | 5,64 ± 0,26 | 1,00 ± 1,19 | 0,33 ± 0,67 | 0,00 ± 0,00 | 0,21 ± 0,14 | 0,00 ± 0,00 |
| C18:2 n-6 | 4,26 ± 0,17 | 0,69 ± 0,21 | 3,27 ± 0,17 | 2,21 ± 0,03 | 2,19 ± 0,07 | 8,17 ± 1,34 |
| C20 | 0,00 ± 0,00 | 0,21 ± 0,14 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 |
| C18:3 n-6 | 2,91 ± 0,13 | 0,25 ± 0,17 | 0,89 ± 0,06 | 0,71 ± 0,06 | 0,45 ± 0,02 | 0,27 ± 0,31 |
| C18:3 n-3 | 6,65 ± 0,48 | 0,00 ± 0,00 | 6,49 ± 0,51 | 0,00 ± 0,00 | 0,52 ± 0,03 | 29,82 ± 0,88 |
| C20:1 n-9 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 |
| C18:4 n-3 | 31,63 ± 0,79 | 0,43 ± 0,03 | 23,91 ± 0,31 | 0,00 ± 0,00 | 1,40 ± 0,09 | 5,56 ± 0,86 |
| C20:2 n-6 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,07 ± 0,14 |
| C20:3 n-9 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 |
| C22 | 0,08 ± 0,09 | 1,10 ± 1,01 | 0,00 ± 0,00 | 0,60 ± 0,10 | 0,20 ± 0,14 | 0,31 ± 0,49 |
| C20:3n-6 | 4,15 ± 4,03 | 0,39 ± 0,26 | 11,55 ± 0,11 | 0,25 ± 0,02 | 0,08 ± 0,09 | 0,69 ± 0,43 |
| C22:1 n-9 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 |
| C20:3 n-3 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 |
| C20:4 n-6 | 0,08 ± 0,06 | 1,37 ± 0,06 | 0,00 ± 0,00 | 3,03 ± 0,06 | 0,60 ± 0,02 | 1,24 ± 0,15 |
| C22:2 n-6 | 0,10 ± 0,09 | 0,24 ± 0,16 | 0,00 ± 0,00 | 0,03 ± 0,07 | 0,13 ± 0,09 | 0,00 ± 0,00 |
| C20:5 n-3 | 0,76 ± 0,07 | 19,10 ± 1,15 | 0,75 ± 0,17 | 49,03 ± 1,31 | 52,14 ± 2,28 | 9,36 ± 1,68 |
| C24 | 0,17 ± 0,12 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 |
| C24:1 n-9 | 0,00 ± 0,00 | 0,32 ± 0,37 | 0,15 ± 0,11 | 0,19 ± 0,02 | 0,31 ± 0,21 | 0,38 ± 0,28 |
| C22:4 n-6 | 0,00 ± 0,00 | 0,26 ± 0,18 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,06 ± 0,04 | 0,00 ± 0,00 |
| C22:5 n-6 | 0,11 ± 0,08 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 |
| C22:5 n-3 | 0,24 ± 0,48 | 0,00 ± 0,00 | 0,19 ± 0,38 | 0,06 ± 0,12 | 0,40 ± 0,17 | 0,00 ± 0,00 |
| C22:6 n-3 | 18,70 ± 0,78 | 4,10 ± 0,32 | 23,98 ± 1,03 | 0,83 ± 0,08 | 1,47 ± 0,07 | 0,81 ± 0,53 |
| Saturados | 19,16 ± 2,70 | 38,17 ± 1,52 | 19,28 ± 2,09 | 25,75 ± 0,26 | 22,28 ± 0,41 | 32,57 ± 3,32 |
| Monoinsaturados | 11,26 ± 0,39 | 34,99 ± 1,23 | 9,69 ± 0,31 | 18,09 ± 1,35 | 18,26 ± 1,82 | 11,44 ± 1,29 |
| Poliinsaturados | 69,59 ± 2,83 | 26,84 ± 1,11 | 71,03 ± 2,15 | 56,16 ± 1,26 | 59,45 ± 2,21 | 55,99 ± 3,97 |
| HUFA | 24,04 ± 3,71 | 25,22 ± 1,21 | 36,47 ± 1,36 | 53,20 ± 1,28 | 54,76 ± 2,29 | 12,10 ± 1,17 |
| n-6 HUFA | 4,26 ± 3,99 | 0,65 ± 0,43 | 11,55 ± 0,11 | 0,25 ± 0,02 | 0,14 ± 0,12 | 0,69 ± 0,43 |
| n-3 HUFA | 19,70 ± 0,58 | 23,20 ± 1,47 | 24,92 ± 1,27 | 49,92 ± 1,23 | 54,02 ± 2,35 | 10,18 ± 1,23 |
| n-3 | 57,97 ± 1,77 | 23,64 ± 1,48 | 55,32 ± 1,82 | 49,92 ± 1,23 | 55,94 ± 2,32 | 45,55 ± 2,56 |
| n-6 | 11,62 ± 3,63 | 3,20 ± 0,63 | 15,70 ± 0,33 | 6,24 ± 0,07 | 3,51 ± 0,17 | 10,44 ± 1,53 |
| ARA/DHA | 0,00 ± 0,00 | 0,33 ± 0,02 | 0,00 ± 0,00 | 3,70 ± 0,43 | 0,41 ± 0,03 | 2,38 ± 1,96 |
| DHA/EPA | 24,55 ± 1,67 | 0,21 ± 0,00 | 33,06 ± 6,42 | 0,02 ± 0,00 | 0,03 ± 0,00 | 0,10 ± 0,08 |
| ARA/EPA | 0,11 ± 0,08 | 0,07 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,06 ± 0,00 | 0,01 ± 0,00 | 0,13 ± 0,01 |

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:16; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Firmante: EMILIO CORTÉS MELENDRERAS; Fecha-hora: 26/12/2024 20:29:56; 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

Código seguro de verificación: RUxFMjI/-C5YXSNAo-qlSS05Cw-vELtNDPC
COPIA ELECTRÓNICA - Página 8 de 23
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/

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

Se continúa ampliando 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 (singnátidos 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 ha continuado llevando a cabo estudios sobre los perfiles nutricionales de las especies cultivadas 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 y su variación en el tiempo. En la Tabla 3.1, 3.2 se puede observar el perfil de los diferentes ácidos grasos en las especies de zooplancton.

En la tabla 3.3 se observa el porcentaje de los diferentes ácidos grasos en las especies de zooplancton analizadas durante la temporada de 2024 y las variaciones en sus perfiles nutricionales.

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 [R].

| | Muestras de zooplancton analizadas | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Ácidos grasos** | AA | AC | AN | ANH | AS |
| C12 | $0.05 \pm 0.01^{a}$ | $0.03 \pm 0.04^{a}$ | $0.05 \pm 0.01^{a}$ | $0.05 \pm 0^{a}$ | $0.06 \pm 0^{a}$ |
| C14 | $1.64 \pm 0.15^{bc}$ | $0.92 \pm 0.73^{ac}$ | $0.3 \pm 0.06^{a}$ | $0.31 \pm 0.03^{a}$ | $0.13 \pm 0.03^{a}$ |
| C14:1 | $0 \pm 0^{a}$ | $0.13 \pm 0.02^{ab}$ | $0.14 \pm 0^{ab}$ | $0.27 \pm 0.2^{ab}$ | $0.11 \pm 0.01^{ab}$ |
| C16 | $13.74 \pm 1.34^{a}$ | $15.41 \pm 1.06^{ab}$ | $13.35 \pm 1.69^{a}$ | $12.14 \pm 0.1^{a}$ | $12.79 \pm 0.64^{a}$ |



Acuario
Antiguo Cuartel de Artillería. C/ Cartagena s/n, 30002 Murcia

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:16; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Firmante: EMILIO CORTÉS MELENDRERAS; Fecha-hora: 26/12/2024 20:29:56; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Código seguro de verificación: RUxFMjI/-C5YXSNAo-qlSS05Cw-vELtNDPC
COPIA ELECTRÓNICA - Página 9 de 23
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/

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

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:16; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Firmante: EMILIO CORTÉS MELENDRERAS; Fecha-hora: 26/12/2024 20:29:56; 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

Código seguro de verificación: RUxFMjI/-C5YXSNAo-qlSS05Cw-vELtNDPC
COPIA ELECTRÓNICA - Página 10 de 23
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/

Tabla 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: Rotiferos.

| | Muestras de zooplancton analizadas | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Ácidos grasos** | ACT | AFR | M | MY | RO |
| C12 | $0 \pm 0^{a}$ | $0.07 \pm 0.01^{a}$ | $0.48 \pm 0.04^{d}$ | $0.16 \pm 0.01^{b}$ | $0.28 \pm 0.01^{c}$ |
| C14 | $2.02 \pm 0.6^{c}$ | $0.35 \pm 0.23^{ab}$ | $3.82 \pm 0.09^{d}$ | $4.24 \pm 0.12^{d}$ | $5.59 \pm 0.34^{e}$ |
| C14:1 | $0 \pm 0^{a}$ | $0.22 \pm 0.15^{ab}$ | $0.33 \pm 0.01^{b}$ | $0.66 \pm 0.01^{c}$ | $0.42 \pm 0.01^{bc}$ |
| C16 | $20.68 \pm 4.63^{b}$ | $16.09 \pm 0.01^{ab}$ | $14.91 \pm 0.17^{ab}$ | $20.93 \pm 0.06^{b}$ | $17.48 \pm 0.67^{ab}$ |
| C16:1 n-9 | $0.66 \pm 0.03^{bc}$ | $0.69 \pm 0.07^{bc}$ | $0.22 \pm 0.01^{a}$ | $0.22 \pm 0.01^{a}$ | $0.47 \pm 0.03^{b}$ |
| C16:1 n-7 | $0.64 \pm 0.1^{a}$ | $14.16 \pm 10.94^{ab}$ | $1.17 \pm 0.04^{a}$ | $11.51 \pm 0.3^{ab}$ | $15.77 \pm 0.06^{b}$ |
| C18 | $7.44 \pm 3.47^{a}$ | $6.69 \pm 1.04^{a}$ | $3.01 \pm 0.02^{a}$ | $4.1 \pm 0.04^{a}$ | $2.83 \pm 0.1^{a}$ |
| C18:1 n-9 | $6.74 \pm 2.52^{a}$ | $12.24 \pm 2.65^{a}$ | $7.17 \pm 0.11^{a}$ | $5.33 \pm 0.02^{a}$ | $3.22 \pm 0^{a}$ |
| C18:1 n-7 | $1.81 \pm 0.32^{a}$ | $11.5 \pm 0.7^{d}$ | $1.32 \pm 0.05^{a}$ | $3.48 \pm 0.03^{a}$ | $3.23 \pm 0.12^{a}$ |
| C18:2 n-6 | $2.38 \pm 2.11^{a}$ | $7.44 \pm 6.14^{ab}$ | $3.37 \pm 0.06^{a}$ | $2.71 \pm 0.02^{a}$ | $4.72 \pm 0.06^{ab}$ |
| C20 | $1.26 \pm 0.96^{a}$ | $0.16 \pm 0.01^{a}$ | $0.2 \pm 0.02^{a}$ | $0.34 \pm 0.01^{a}$ | $0.17 \pm 0^{a}$ |
| C18:3 n-6 | $0.15 \pm 0.22^{a}$ | $0.4 \pm 0.39^{a}$ | $0.41 \pm 0.01^{a}$ | $0.53 \pm 0.04^{a}$ | $0.43 \pm 0^{a}$ |
| C18:3 n-3 | $2.57 \pm 2.39^{a}$ | $10.42 \pm 12.9^{ac}$ | $3.75 \pm 0.05^{ab}$ | $2.27 \pm 0.01^{a}$ | $2.67 \pm 0.37^{a}$ |
| C20:1 n-9 | $0 \pm 0^{a}$ | $0 \pm 0^{a}$ | $0 \pm 0^{a}$ | $0 \pm 0^{a}$ | $0.53 \pm 0.04^{e}$ |
| C18:4 n-3 | $1.04 \pm 0.48^{a}$ | $1.57 \pm 1.62^{ab}$ | $10.92 \pm 0.04^{d}$ | $0.98 \pm 0.02^{a}$ | $0.63 \pm 0.03^{a}$ |
| C20:2 n-6 | $0.87 \pm 0.3^{a}$ | $0.5 \pm 0.44^{a}$ | $0.71 \pm 0.02^{a}$ | $0.59 \pm 0^{a}$ | $0.29 \pm 0.02^{a}$ |
| C20:3 n-9 | $0 \pm 0^{a}$ | $0 \pm 0^{a}$ | $0.03 \pm 0.03^{a}$ | $0.1 \pm 0^{a}$ | $0.15 \pm 0.05^{a}$ |
| C22 | $3.81 \pm 3.79^{a}$ | $1.43 \pm 0.4^{a}$ | $0.29 \pm 0.07^{a}$ | $0.56 \pm 0.06^{a}$ | $1.44 \pm 0.81^{a}$ |
| C20:3n-6 | $6.33 \pm 8.77^{a}$ | $0.09 \pm 0.02^{a}$ | $1.57 \pm 0^{a}$ | $0.2 \pm 0^{a}$ | $0.87 \pm 0.07^{a}$ |
| C22:1 n-9 | $0.52 \pm 0.28^{ac}$ | $0.31 \pm 0.39^{ac}$ | $0.87 \pm 0.03^{c}$ | $0.4 \pm 0^{ac}$ | $0.1 \pm 0^{ab}$ |
| C20:3 n-3 | $0 \pm 0^{a}$ | $0 \pm 0^{a}$ | $0 \pm 0^{a}$ | $0 \pm 0^{a}$ | $0.65 \pm 0.05^{b}$ |
| C20:4 n-6 | $1.2 \pm 0.59^{ab}$ | $1.17 \pm 0^{ab}$ | $1.05 \pm 0.02^{a}$ | $4.33 \pm 0.03^{c}$ | $3.13 \pm 0.15^{d}$ |
| C22:2 n-6 | $0.59 \pm 0.67^{a}$ | $0.19 \pm 0^{a}$ | $0.57 \pm 0.79^{a}$ | $0.04 \pm 0.01^{a}$ | $0.83 \pm 1.01^{a}$ |
| C20:5 n-3 | $8.31 \pm 6.78^{ab}$ | $11.79 \pm 11.89^{ac}$ | $13.68 \pm 0.22^{ac}$ | $19.35 \pm 0.02^{bc}$ | $27.16 \pm 0.27^{c}$ |
| C24 | $1.22 \pm 1.29^{a}$ | $1.4 \pm 1.22^{a}$ | $0.15 \pm 0.13^{a}$ | $0.13 \pm 0^{a}$ | $0.33 \pm 0.09^{a}$ |
| C24:1 n-9 | $2.36 \pm 0.95^{a}$ | $0.22 \pm 0.24^{a}$ | $0.1 \pm 0.11^{a}$ | $0.22 \pm 0.01^{a}$ | $0.39 \pm 0.01^{a}$ |
| C22:4 n-6 | $0.1 \pm 0.03^{a}$ | $0.12 \pm 0.17^{a}$ | $0.02 \pm 0^{a}$ | $0.07 \pm 0^{a}$ | $0.43 \pm 0.04^{a}$ |
| C22:5 n-6 | $3.73 \pm 2.16^{b}$ | $0.14 \pm 0.2^{a}$ | $0.43 \pm 0^{a}$ | $1.52 \pm 0.01^{ab}$ | $0.02 \pm 0.02^{a}$ |
| C22:5 n-3 | $2.14 \pm 1.32^{b}$ | $0.18 \pm 0.19^{a}$ | $0.3 \pm 0{,}01^{a}$ | $0.26 \pm 0.02^{a}$ | $5.64 \pm 0.37^{c}$ |
| C22:6 n-3 | $21.41 \pm 12.11^{b}$ | $0.48 \pm 0.13^{a}$ | $29.15 \pm 0.27^{b}$ | $14.79 \pm 0.25^{ab}$ | $0.12 \pm 0.03^{a}$ |
| SFA | $36.43 \pm 13.55^{b}$ | $26.19 \pm 2.43^{ab}$ | $22.86 \pm 0.05^{ab}$ | $30.46 \pm 0.05^{ab}$ | $28.11 \pm 1.15^{ab}$ |
| MUFA | $12.74 \pm 2.23^{a}$ | $39.32 \pm 8.43^{c}$ | $11.18 \pm 0.15^{a}$ | $21.81 \pm 0.27^{ab}$ | $24.14 \pm 0.01^{ac}$ |
| PUFA | $50.83 \pm 15.79^{ab}$ | $34.49 \pm 6^{a}$ | $65.96 \pm 0.2^{b}$ | $47.73 \pm 0.22^{ab}$ | $47.74 \pm 1.16^{ab}$ |
| HUFA | $43.22 \pm 11.56^{c}$ | $13.97 \pm 11.48^{a}$ | $46.23 \pm 0.48^{c}$ | $40.61 \pm 0.29^{c}$ | $38.17 \pm 0.29^{bc}$ |



Acuario
Antiguo Cuartel de Artillería. C/ Cartagena s/n, 30002 Murcia

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:16; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Firmante: EMILIO CORTÉS MELENDRERAS; Fecha-hora: 26/12/2024 20:29:56; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Código seguro de verificación: RUxFMjI/-C5YXSNAo-qlSS05Cw-vELtNDPC
COPIA ELECTRÓNICA - Página 11 de 23
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/

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

Tabla 3.3 Porcentaje de los diferentes ácidos grasos en las especies de zooplancton analizadas durante la temporada de 2024 para observar posibles cambios en su perfil nutricional.

| Ácido Graso | *Acartia tonsa* | *Brachionus rotundiformis* | *Brachionus plicatilis* | Mix Camarones | Nauplios *Artemia* | Nauplios *Artemia* 8h | Nauplios *Artemia* Enriquecidos |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C12 | 0,54 ± 0,07 | 0,40 ± 0,13 | 1,04 ± 0,42 | 0,28 ± 0,01 | 0,05 ± 00 | 0,05 ± 0,01 | 0,06 ± 0,00 |
| C14 | 14,38 ± 1,71 | 2,03 ± 1,14 | 5,02 ± 1,74 | 4,46 ± 2,95 | 0,31 ± 0,03 | 0,30 ± 0,06 | 0,13 ± 0,03 |
| C14:1 | 0,42 ± 0,49 | 0,00 ± 0,00 | 0,03 ± 0,07 | 0,00 ± 0,00 | 0,27 ± 0,20 | 0,14 ± 00 | 0,11 ± 0,01 |
| C16 | 32,70 ± 3,95 | 20,50 ± 0,11 | 22,94 ± 2,00 | 23,08 ± 0,81 | 12,14 ± 0,10 | 13,35 ± 1,69 | 12,79 ± 0,64 |
| C16:1 n-9 | 2,38 ± 1,17 | 0,46 ± 0,05 | 0,85 ± 0,58 | 0,43 ± 0,29 | 0,85 ± 0,11 | 0,99 ± 0,10 | 0,74 ± 0,02 |
| C16:1 n-7 | 1,13 ± 0,89 | 13,86 ± 0,28 | 4,77 ± 0,11 | 6,23 ± 0,35 | 9,12 ± 0,05 | 9,72 ± 0,76 | 7,61 ± 0,28 |
| C18 | 11,95 ± 2,94 | 3,70 ± 0,05 | 5,99 ± 0,96 | 9,63 ± 0,43 | 4,32 ± 0,10 | 5,05 ± 0,84 | 4,99 ± 0,32 |
| C18:1 n-9 | 4,92 ± 2,66 | 3,14 ± 0,22 | 4,36 ± 0,81 | 1,21 ± 2,42 | 17,53 ± 1,48 | 8,16 ± 11,54 | 14,69 ± 0,08 |
| C18:1 n-7 | 2,94 ± 2,03 | 4,31 ± 0,07 | 5,11 ± 1,34 | 11,47 ± 1,29 | 9,27 ± 1,25 | 11,76 ± 1,35 | 9,80 ± 0,05 |
| C18:2 n-6 | 4,72 ± 4,27 | 5,94 ± 0,20 | 8,85 ± 1,84 | 5,55 ± 0,44 | 9,38 ± 0,08 | 10,09 ± 1,23 | 8,12 ± 0,11 |
| C20 | 0,00 ± 0,00 | 0,13 ± 0,11 | 0,04 ± 0,09 | 0,00 ± 0,00 | 0,15 ± 0,02 | 0,17 ± 0,03 | 0,18 ± 0,02 |
| C18:3 n-6 | 0,99 ± 0,49 | 0,38 ± 0,01 | 0,31 ± 0,20 | 0,38 ± 0,02 | 0,56 ± 0,01 | 0,60 ± 0,07 | 0,46 ± 0,01 |
| C18:3 n-3 | 3,09 ± 0,95 | 7,57 ± 0,52 | 15,03 ± 1,59 | 1,28 ± 0,38 | 20,27 ± 0,33 | 21,57 ± 2,14 | 17,85 ± 1,03 |
| C20:1 n-9 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,25 ± 0,50 | 0,45 ± 0,03 | 0,47 ± 0,04 | 0,36 ± 0,01 |
| C18:4 n-3 | 0,78 ± 0,53 | 0,50 ± 0,10 | 1,37 ± 0,63 | 1,53 ± 0,12 | 1,31 ± 0,03 | 1,34 ± 0,14 | 0,99 ± 0,12 |
| C20:2 n-6 | 0,69 ± 0,80 | 0,40 ± 0,04 | 0,34 ± 0,41 | 0,28 ± 0,19 | 0,48 ± 0,00 | 0,56 ± 0,19 | 0,58 ± 0,07 |
| C20:3 n-9 | 0,25 ± 0,50 | 0,03 ± 0,04 | 0,23 ± 0,31 | 0,00 ± 0,00 | 0,03 ± 0,01 | 0,06 ± 0,02 | 0,02 ± 0,03 |
| C22 | 0,25 ± 0,49 | 0,45 ± 0,04 | 0,19 ± 0,24 | 0,05 ± 0,06 | 0,60 ± 0,01 | 0,87 ± 0,38 | 1,01 ± 0,33 |
| C20:3n-6 | 0,27 ± 0,54 | 0,90 ± 0,02 | 0,71 ± 0,10 | 0,15 ± 0,02 | 0,16 ± 0,03 | 0,16 ± 0,03 | 0,15 ± 0,01 |
| C22:1 n-9 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,04 ± 0,07 | 0,00 ± 0,00 | 0,05 ± 0,02 | 0,70 ± 0,12 | 0,15 ± 0,01 |
| C20:3 n-3 | 0,00 ± 0,00 | 0,38 ± 0,34 | 0,81 ± 0,16 | 0,11 ± 0,07 | 0,33 ± 0,35 | 0,00 ± 0,00 | 0,64 ± 0,07 |
| C20:4 n-6 | 1,71 ± 0,76 | 3,63 ± 0,13 | 1,31 ± 0,15 | 3,59 ± 0,54 | 2,20 ± 0,09 | 2,43 ± 0,46 | 2,10 ± 0,07 |
| C22:2 n-6 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,03 ± 0,06 | 0,16 ± 0,14 | 0,06 ± 0,03 | 0,06 ± 0,06 | 0,10 ± 0,01 |
| C20:5 n-3 | 5,02 ± 1,69 | 22,63 ± 0,43 | 12,43 ± 1,06 | 15,72 ± 1,03 | 9,55 ± 0,13 | 10,3 ± 1,05 | 9,06 ± 0,54 |
| C24 | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,33 ± 0,35 | 0,19 ± 0,03 | 0,35 ± 0,02 | 0,68 ± 0,49 | 1,08 ± 0,69 |
| C24:1 n-9 | 0,90 ± 0,22 | 0,00 ± 0,00 | 0,36 ± 0,24 | 0,00 ± 0,00 | 0,04 ± 0,01 | 0,07 ± 0,07 | 0,14 ± 0,08 |
| C22:4 n-6 | 0,49 ± 0,57 | 0,72 ± 0,62 | 0,61 ± 0,72 | 0,63 ± 0,03 | 0,02 ± 0,00 | 0,05 ± 0,05 | 0,08 ± 0,06 |
| C22:5 n-6 | 0,24 ± 0,48 | 0,51 ± 0,04 | 0,31 ± 0,22 | 0,37 ± 0,07 | 0,03 ± 0,01 | 0,07 ± 0,07 | 0,90 ± 0,07 |
| C22:5 n-3 | 1,21 ± 1,10 | 7,25 ± 0,11 | 5,08 ± 0,23 | 1,03 ± 0,25 | 0,09 ± 0,05 | 0,12 ± 0,04 | 0,23 ± 0,07 |
| C22:6 n-3 | 8,02 ± 2,34 | 0,22 ± 0,21 | 1,53 ± 0,81 | 11,94 ± 0,77 | 0,04 ± 0,01 | 0,09 ± 0,06 | 4,88 ± 0,05 |
| Saturados | 59,82 ± 8,10 | 27,22 ± 1,08 | 35,55 ± 3,34 | 37,69 ± 1,87 | 17,92 ± 0,04 | 20,48 ± 3,50 | 20,25 ± 1,98 |
| Monoinsaturados | 12,69 ± 2,97 | 21,75 ± 0,56 | 15,52 ± 1,95 | 19,59 ± 1,14 | 37,57 ± 0,32 | 32,01 ± 9,11 | 33,59 ± 0,35 |
| Poliinsaturados | 27,49 ± 9,21 | 51,03 ± 0,95 | 48,93 ± 1,70 | 42,72 ± 2,78 | 44,51 ± 0,36 | 47,51 ± 5,61 | 46,16 ± 1,63 |
| HUFA | 17,21 ± 4,54 | 36,26 ± 0,54 | 23,02 ± 1,48 | 33,54 ± 2,12 | 12,45 ± 0,13 | 13,29 ± 1,78 | 18,06 ± 0,43 |



**Acuario**
Antiguo Cuartel de Artillería. C/ Cartagena s/n, 30002 Murcia

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:16; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Firmante: EMILIO CORTÉS MELENDRERAS; Fecha-hora: 26/12/2024 20:29:56; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
@dministración electrónica
Código seguro de verificación: RUxFMjI/-C5YXSNAo-qlSS05Cw-vELtNDPC
COPIA ELECTRÓNICA - Página 12 de 23
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/

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| n-6 HUFA | 1,00 ± 0,83 | 2,13 ± 0,64 | 1,63 ± 0,71 | 1,15 ± 0,06 | 0,21 ± 0,04 | 0,28 ± 0,15 | 1,13 ± 0,12 |
| n-3 HUFA | 14,25 ± 3,24 | 30,48 ± 0,55 | 19,85 ± 0,80 | 28,80 ± 1,69 | 10,01 ± 0,27 | 10,51 ± 1,15 | 14,81 ± 0,45 |
| n-3 | 18,12 ± 4,67 | 38,54 ± 0,47 | 36,25 ± 2,00 | 31,61 ± 2,01 | 31,6 ± 0,56 | 33,43 ± 3,43 | 33,66 ± 1,60 |
| n-6 | 9,12 ± 5,09 | 12,46 ± 0,53 | 12,46 ± 2,07 | 11,11 ± 0,98 | 12,88 ± 0,20 | 14,02 ± 2,16 | 12,48 ± 0,00 |
| ARA/DHA | 0,21 ± 0,04 | 27,34 ± 17,13 | 1,02 ± 0,43 | 0,30 ± 0,03 | 57,45 ± 15,37 | 29,46 ± 12,33 | 0,43 ± 0,01 |
| DHA/EPA | 1,62 ± 0,12 | 0,01 ± 0,01 | 0,13 ± 0,08 | 0,76 ± 0,04 | 0,00 ± 0,00 | 0,01 ± 0,00 | 0,54 ± 0,03 |
| ARA/EPA | 0,34 ± 0,05 | 0,16 ± 0,00 | 0,11 ± 0,01 | 0,23 ± 0,03 | 0,23 ± 0,01 | 0,23 ± 0,02 | 0,23 ± 0,01 |

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

## 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 las medias de los parámetros más significativos analizados.

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:16; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Firmante: EMILIO CORTÉS MELENDRERAS; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:56; 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

Código seguro de verificación: RUxFMjI/-C5YXSNAo-qlSS05Cw-vELtNDPC
COPIA ELECTRÓNICA - Página 13 de 23
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/

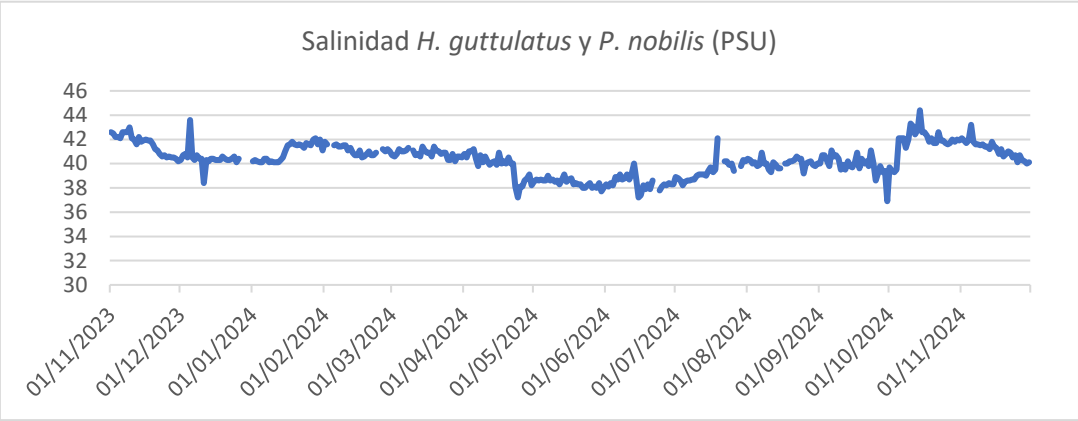


Figura 5. Salinidad

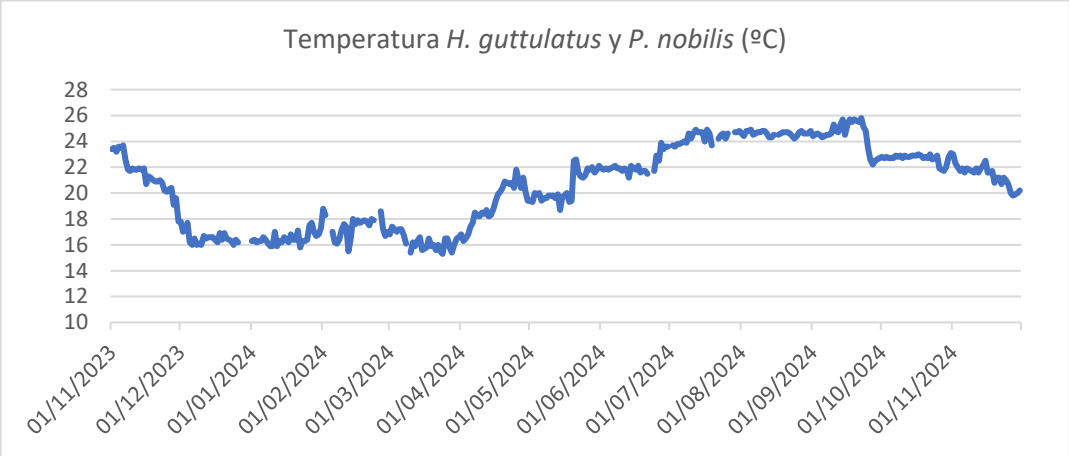


Figura 6. Temperatura

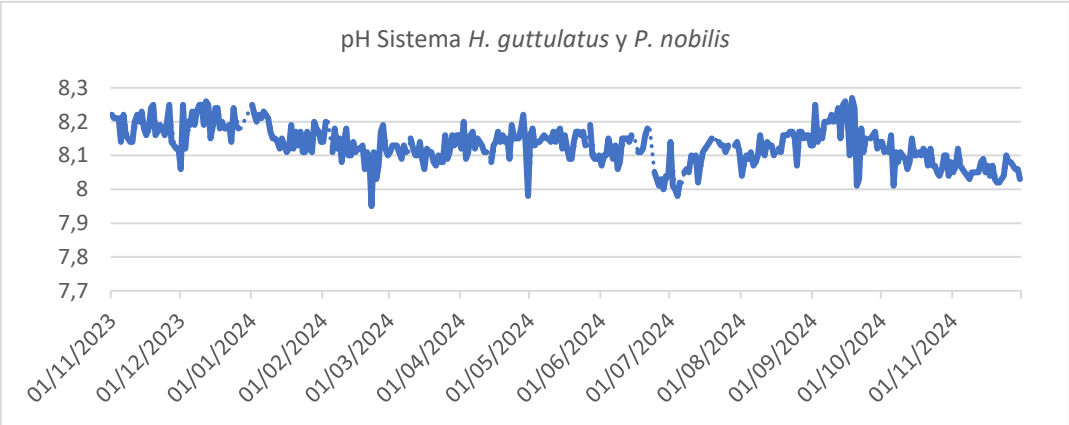


Figura 7: pH.



Acuario
Antiguo Cuartel de Artillería. C/ Cartagena s/n, 30002 Murcia

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:16; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Firmante: EMILIO CORTÉS MELENDRERAS; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:56; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
@dministración electrónica
Código seguro de verificación: RUxFMjI/-C5YXSNAo-qlSS05Cw-vELtNDPC
COPIA ELECTRÓNICA - Página 14 de 23
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/

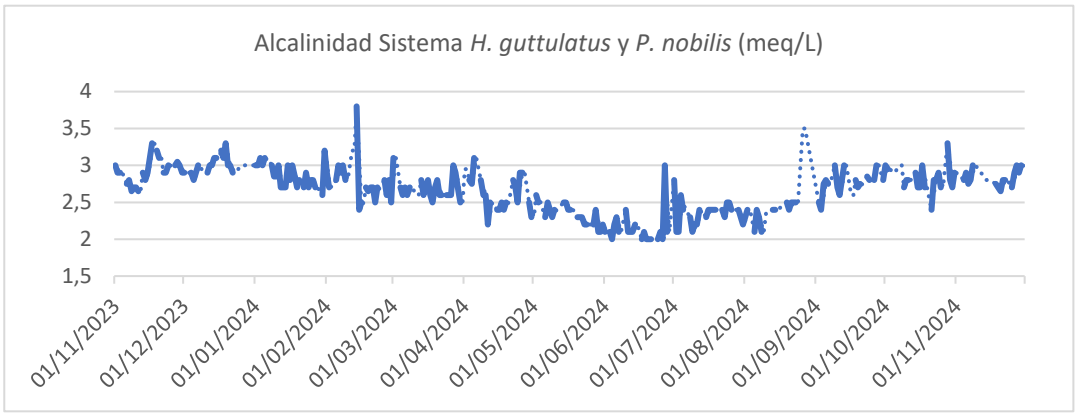


Figura 8: Alcalinidad.

| Elemento/compuesto | Concentración (mg/l) |
|---|---|
| **Nitratos ($NO_3^-$) (max)** | 20 |
| **Fosfatos ($PO_4^{3-}$) (max)** | 1.5 |
| **Calcio ($Ca^{2+}$) (op)** | 450 |
| **Magnesio ($Mg^{2+}$) (op)** | 1370 |
| **Iodo ($I_2$) (op)** | 0.07 |

Tabla 4. Se continua con las mismas referencias de valores máximos de nutrientes tolerados y valores óptimos de elementos y oligoelementos seleccionados.

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

Durante este periodo de tiempo se ha continuado optimizando el diseño de la programación del autómata, aunque todavía no ha sido puesto en marcha.

La dedicación a las especies *H. guttulatus* y *P. nobilis* ha sido lo que ha consumido la mayor parte del esfuerzo en este tiempo.

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:16; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Firmante: EMILIO CORTÉS MELENDRERAS; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:56; 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

Código seguro de verificación: RUxFMjI/-C5YXSNAo-qlSS05Cw-vELtNDPC
COPIA ELECTRÓNICA - Página 15 de 23
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/

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

### 1. ESPECIES DE ESPECIAL ATENCIÓN

Teniendo en cuenta la importante regresión observada en las poblaciones del Mar Menor de algunas de las especies seleccionadas, se ha priorizado el trabajo de reproducción y estocaje en esas especies durante los dos últimos años dedicados al proyecto.

En el grupo de los singnátidos se ha observado que las poblaciones del Mar Menor de especies como la aguja de río (*Syngnathus abaster*) y la aguja mula (*Syngnathus typhle*) se han estabilizado con cierta tendencia al crecimiento.

Con respecto a los trabajos realizados con caballito de mar, (*Hippocampus guttulatus*) y nacra (*Pinna nobilis*) se han conseguido los siguientes avances.

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

Los resultados en el protocolo de reproducción del primer grupo reproductor de *H. guttulatus* a partir de ejemplares juveniles sin diferenciar, capturados en mayo - junio de 2021, se han optimizado incrementando de forma significativa la tasa de supervivencia, que se sitúa entre el 45 y el 65%. En este momento se cuenta con un stock de ejemplares reproducidos en el Acuario, cercano a los 4000 individuos, contando ya con ejemplares F3.

Se ha realizado un estudio genético del stock de individuos conseguido hasta el momento para comprobar su variabilidad genética y compararla con los estudios previos realizados por el equipo investigador. De este modo se pondrá de manifiesto si es necesario o no potenciar los cruzamientos con nuevos grupos reproductores.

En este momento se están efectuando salidas al mar con el objetivo de recoger otro grupo de juveniles sin diferenciar, para formar un nuevo grupo reproductor que aporte mayor variabilidad genética al stock de ejemplares *ex situ* destinados a posibles proyectos futuros de recuperación de la especie.

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:16; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Firmante: EMILIO CORTÉS MELENDRERAS; Fecha-hora: 26/12/2024 20:29:56; 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

@dministración electrónica
Código seguro de verificación: RUxFMjI/-C5YXSNAo-qlSS05Cw-vELtNDPC
COPIA ELECTRÓNICA - Página 16 de 23
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/

Es interesante resaltar que, debido a la paulatina mejora en la calidad del agua de la laguna durante los dos últimos años, las condiciones para la viabilidad de juveniles de caballito son más adecuadas y desde el mes de abril de 2024, se comenzaron a observar ejemplares diferenciados del reclutamiento de 2023 y desde mayo ejemplares juveniles provenientes del reclutamiento de este año.

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

Después de los eventos reproductores observados *ex situ* durante los meses de junio y julio de 2023 y tras un breve periodo de reposo en la instalación de los ejemplares reproductores se procedió a translocar un grupo de tres reproductores a una localización del Mar Menor, identificada como zona óptima para adultos de la especie, en octubre de 2023. El objetivo de esta translocación ha sido conseguir la maduración de los ejemplares en condiciones *in situ*. En mayo de 2024 se han devuelto los ejemplares al acuario detectando la baja de uno de ellos.

En este momento se cuenta con un grupo de reproductores madurados *ex situ* e *in situ* con los que se pretende abordar el evento reproductor de este año.

Durante los muestreos realizados para la búsqueda de ejemplares juveniles sin diferenciar de *H. guttulatus*, realizados en junio de 2024, se localizó una colonia de 23 juveniles de *Pinna nobilis*, pertenecientes al reclutamiento de los años 2022 y 2023. Este descubrimiento supone la primera observación de reclutamiento exitoso desde antes de la primera crisis de eutrofización en 2016 y se debe al descenso observado en la densidad de bacterioplancton presente en la masa de agua de la laguna desde la primavera de 2022, en conjunción con el descenso de la

Foto 2: Juvenil de nacra, (*Pinna nobilis*) recluta de 2023.



**Acuario**
Antiguo Cuartel de Artillería. C/ Cartagena s/n, 30002 Murcia

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:16; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Firmante: EMILIO CORTÉS MELENDRERAS; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:56; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Código seguro de verificación: RUxFMjI/-C5YXSNAo-qlSS05Cw-vELtNDPC
COPIA ELECTRÓNICA - Página 17 de 23
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/

población del gasterópodo carroñero y predador de pequeños bivalvos *Hexaplex trunculus* en la zona de asentamiento.

Este grupo de juveniles desapareció después del verano tras una intensa temporada de fondeos de embarcaciones de recreo en la zona. Al mantenerse las buenas condiciones del agua es previsible que se detecten nuevos reclutas en los muestreos de seguimiento de 2025.

También es interesante destacar que se han llevado a cabo estudios de perfiles nutricionales óptimos para alimentación de *Pinna nobilis* cuyos resultados se están ya poniendo a prueba y parecen interesantes para lograr importantes avances en los protocolos de mantenimiento de la especie.

## 2. ESPECIES EN OBSERVACIÓN

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

A partir del grupo de reproductores formado con ejemplares de la especie recogidos por agentes medioambientales, en las zonas anóxicas generadas en la Manga durante los meses de agosto y septiembre de 2021, se mantiene un grupo *ex situ* que ya va por su tercera generación y se encuentra en buenas condiciones.

Debido a la detección un incremento de ejemplares en la población salvaje se ha decidido no potenciar la reproducción de la especie en el laboratorio con el fin de no ocupar más espacio que pueda ser dedicado a otras especies que lo necesiten.

Esta especie, al igual que *S. typhle*, presenta un ciclo de vida corto, de alrededor de un año, es por ello y por la mejora en las condiciones de calidad de agua de la laguna por lo que la evolución y crecimiento de la población *ex situ* está siendo bastante ágil.

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

A partir del primer grupo reproductor obtenido en junio de 2022 se han obtenido ejemplares F1 y F2. Es otra especie en la que de momento se mantiene un stock reducido *ex situ* debido al incremento de su población en el medio natural.

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:16; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Firmante: EMILIO CORTÉS MELENDRERAS; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:56; 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

Código seguro de verificación: RUxFMjI/-C5YXSNAo-qlSS05Cw-vELtNDPC
COPIA ELECTRÓNICA - Página 18 de 23
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/

**Fartet** (*Apricaphanius iberus*).

Los protocolos de mantenimiento y reproducción de esta especie se han cerrado y de momento se mantiene un grupo de reproductores en la sala de visitas del acuario con fines de divulgación, a partir de los ejemplares rescatados en las Salinas de Marchamalo.

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

La población de dragoncillo, especie característica de arenales próximos a las zonas de la Manga, entró en un proceso de regresión, paralelo al deterioro de la calidad de aguas en el Mar Menor y en la actualidad es 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, pero todavía no se han localizado suficientes para formar un grupo reproductor adecuado. Se espera hacerlo durante la primavera de 2025, momento en el que la especie es más visible.

**Gobio de arena** (*Pomatoschistus marmoratus*)

Se ha recogido un grupo de reproductores con los que abordar eventos reproductores en la primavera de 2025 siguiendo su ciclo natural.

**PRÓXIMAS ESPECIES A ABORDAR**

**Chirrete** (*Atherina boyeri*).

Se va a proceder a capturar los reproductores para formar el grupo de cría de la especie, aunque debido a su abundancia en la laguna, su reproducción se llevará a cabo una vez transcurrido el evento reproductor de nacra debido a su exigencia en tiempo y dedicación.

## AVANCES ENLA LÍNEA DE TRABAJO EN CRIOGENIZACIÓN DE GAMETOS DE ESPECIES EN PELIGRO

Hasta este momento se han realizado dos experiencias dedicadas a la criogenización de larvas trocóforas de nacra (*Pinna nobilis*) de las que aún no se conoce el resultado por estar en fase de congelación. En siguientes informes se expondrán los resultados obtenidos.

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:16; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Firmante: EMILIO CORTÉS MELENDRERAS; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:56; 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

@dministración electrónica
Código seguro de verificación: RUxFMjI/-C5YXSNAo-qlSS05Cw-vELtNDPC
COPIA ELECTRÓNICA - Página 19 de 23
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/

**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 – 2026.

**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.

| Especies | Protocolo de Mantenimiento | Protocolo de Reproducción | Versión del Protocolo |
|---|---|---|---|
| Nacra (*Pinna nobilis*) | 85% | 70% | 5 |
| Caballito de mar de hocico largo (*Hippocampus guttulatus*) | 100% | 100% | 4 |
| Aguja de río (*Syngnathus abaster*) | 100% | 100% | 3 |
| Aguja Mula (*Syngnathus typhle*) | 100% | 100% | 2 |
| Fartet (*Aphanius iberus*) | 100% | 100% | 1 |
| Zorro (*Gobius niger*) | 100% | 100% | 1 |
| Gobio de arena (*Pomatochistus marmoratus*) | 100% | 50% | 1 |
| Gallerbo, Saltón (*Salarias pavo*) | 100% | 100% | 1 |
| Chirrete (*Atherina boyeri*) | 100% | 0% | 1 |
| Dragoncillo (*Callionymus pusillus*). | 100% | 0% | 1 |
| | | | |
| TOTAL | 98,5% | 72% | 5 |

Tabla 5: Resultados del proyecto Banco de Especies.



Acuario
Antiguo Cuartel de Artillería. C/ Cartagena s/n, 30002 Murcia

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:16; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Firmante: EMILIO CORTÉS MELENDRERAS; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:56; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
@dministración electrónica
Código seguro de verificación: RUxFMjI/-C5YXSNAo-qlSS05Cw-vELtNDPC
COPIA ELECTRÓNICA - Página 20 de 23
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/

**ARTÍCULOS PUBLICADOS HASTA EL MOMENTO 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.

- Martínez-Martínez, P., Alonso-Sarría, F., Gomariz-Castillo, F., Reñé-Sánchez, E., Cortés-Melendreras, E., Fernández-Torquemada, Y., & Giménez-Casalduero, F. (**2024**). Looking for the surviving optimal areas for the threatened species *Pinna nobilis* in a highly anthropized coastal lagoon (Mar Menor, SE Spain). Ocean & Coastal Management, *255*, 107265.

- Enríquez García, Á. L., López Jiménez, J. Á., & Cortés Melendreras, E. Optimising the Fatty Acid Profile in Different Food Sources for Mar Menor Syngnathid Species. Available at SSRN 5043937. (en prensa).

- Martínez-Martínez, P., Giménez-Casalduero, F., Fernández-Torquemada, Y., Murcia, J., Montano-Simón, A., Cortés-Melendreras, E. New and long-awaited recruitment of the Critically Endangered species *Pinna nobilis* in the Mar Menor lagoon (SE Spain, Murcia). Mediterranean Marine Science (Short Communication) (en prensa).



Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:16; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Firmante: EMILIO CORTÉS MELENDRERAS; Fecha-hora: 26/12/2024 20:29:56; 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



Código seguro de verificación: RUxFMjI/-C5YXSNAo-qlSS05Cw-vELtNDPC | COPIA ELECTRÓNICA - Página 21 de 23

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/

## TRABAJOS ACADÉMICOS DE INVESTIGACIÓN REALIZADOS A TRAVÉS DEL PROYECTO BANCO DE ESPECIES DEL MAR MENOR

### TRABAJOS FIN DE MASTER

- Optimización del perfil de ácidos grasos en diferentes fuentes de alimento para especies de singnátidos vulnerables del Mar Menor. Master en Acuicultura y recursos Marinos, Universidad de Murcia.

- Optimización del perfil de ácidos grasos en diversas fuentes de alimentos para la especie *Pinna nobilis* Linnaeus, 1758. Master en Biología Marina, Universidad de Vigo.

### 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.





Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:16; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Firmante: EMILIO CORTÉS MELENDRERAS; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:56; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;

Código seguro de verificación: RUxFMjI/-C5YXSNAo-qlSS05Cw-vELtNDPC | COPIA ELECTRÓNICA - Página 22 de 23

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/

Fdo: Emilio Cortés Melendreras. 26/12/2024

Ezequiel Martínez Ortega.

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:16; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Firmante: EMILIO CORTÉS MELENDRERAS; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:56; 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

Código seguro de verificación: RUxFMjI/-C5YXSNAo-qlSS05Cw-vELtNDPC
COPIA ELECTRÓNICA - Página 23 de 23
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/

**PROYECTO BANCO DE ESPECIES EMBLEMÁTICAS Y DE SINGULAR IMPORTANCIA DEL MAR MENOR. MEMORIA ECONÓMICA JUSTIFICATIVA**

Siguiendo el requerimiento en la orden de subvención se pasa a exponer la memoria justificativa detallada de los gastos del proyecto.

Esta memoria se divide en 4 apartados

## 1. TRABAJOS REALIZADOS

### 1.1 MANTENIMIENTO Y OPTIMIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN TÉCNICA

Para poder llevar a cabo los trabajos *ex situ* dedicados a las diferentes especies seleccionadas es necesario el mantenimiento en condiciones óptimas de la instalación, lo cual implica tanto mantener la calidad del agua y sus condiciones físico- químicas, como los elementos relacionados con los sistemas de filtrado, iluminación y regulación de temperatura. Por otra parte, para el mantenimiento de las especies en un estado optimo, similar al que tienen en el medio natural, es necesario desarrollar un protocolo de alimentación adecuado para cada especie y supervisar su estado de salud frente a patógenos y parásitos.

Estos procesos, como es obvio, es necesario mantenerlos durante todo el periodo de duración del trabajo.

Para mantener la calidad de agua se analizan diaria y semanalmente diferentes parámetros físicos y químicos. En función de los resultados se actúa reponiendo elementos y oligoelemento o corrigiendo desajustes en la composición química del agua.

Diariamente se realiza un seguimiento por la mañana y por la tarde de parámetros como la temperatura, la salinidad y el pH.

Del mismo modo se realizan analíticas diarias de calcio y alcalinidad y semanales de magnesio, nitrato y fosfato.

Se realiza un control diario del estado de los distintos elementos de filtración, reponiendo en función de vida útil y deterioro.

Tras la elaboración de dietas específicas para cada especie seleccionada, diariamente se procede a la alimentación de los ejemplares mantenidos dosificando en diferentes tomas dependiendo de la especie y el estado de desarrollo, siendo lo habitual tres tomas separadas mañana, medio día y tarde, aunque para larvas o juveniles se pueden ampliar hasta cuatro tomas diarias.

La alimentación consiste en dietas vivas procedentes de cultivos, para los adultos de *Pinna nobilis*, además de larvas y juveniles del resto de especies, y dieta basada en alimento congelado para los adultos y juveniles en destete.

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:18; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Firmante: EMILIO CORTÉS MELENDRERAS; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:58; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;



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/

Esto implica el mantenimiento activo de los cultivos auxiliares durante todo el periodo anual. Los trabajos realizados en el mantenimiento de los cultivos se especificaron en el primer informe científico, y están disponibles como **Anexo III.**

Se realiza un control diario del estado de salud de los ejemplares, comprobando posibles sintomatologías de enfermedades o parasitosis.

## 1.2 DESARROLLO DE PROTOCOLOS DE MANTENIMIENTO Y REPRODUCCIÓN DE LAS ESPECIES SELECCIONADAS.

Los protocolos de mantenimiento de las especies incluidas en el proyecto se encuentran cerrados en su práctica totalidad, con la excepción de *Pinna nobilis* que todavía está en proceso de investigación y optimización.

Los protocolos de reproducción en los que se ha trabajado durante este periodo de ejecución se han centrado en las dos especies que se encuentran en un mayor grado de amenaza, la nacra (*Pinna nobilis*) y el caballito de mar (*Hippocampus guttulatus*).

Con respecto a la nacra se ha conseguido reproducir *Pinna rudis*, con el objetivo de servir de modelo para *P. nobilis*. El proceso de reproducción tiene lugar durante los meses de mayo a julio.

El resultado obtenido hasta ahora se observa en la siguiente tabla.

| Especies | Protocolo de Mantenimiento | Protocolo de Reproducción | Versión del Protocolo |
|---|---|---|---|
| Nacra (*Pinna nobilis*) | 85% | 70% | 5 |
| Caballito de mar de hocico largo (*Hippocampus guttulatus*) | 100% | 100% | 4 |
| Aguja de río (*Syngnathus abaster*) | 100% | 100% | 3 |
| Aguja Mula (*Syngnathus typhle*) | 100% | 100% | 2 |
| Fartet (*Aphanius iberus*) | 100% | 100% | 1 |
| Zorro (*Gobius niger*) | 100% | 100% | 1 |
| Gobio de arena (*Pomatochistus marmoratus*) | 100% | 50% | 1 |
| Gallerbo, Saltón (*Salarias pavo*) | 100% | 100% | 1 |
| Chirrete (*Atherina boyeri*) | 100% | 0% | 1 |
| Dragoncillo (*Callionymus pusillus*). | 100% | 0% | 1 |
| | | | |
| TOTAL | 98,5% | 72% | 5 |

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:18; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Firmante: EMILIO CORTÉS MELENDRERAS; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:58; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
@dministración electrónica



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/

### 1.3 DIVULGACIÓN Y DIFUSIÓN DEL PROYECTO.

Durante el transcurso del proyecto se han realizado diferentes acciones relacionadas con la divulgación de los resultados obtenidos. Se detallarán en el último punto de los trabajos realizados.

## 2. MEDIOS PERSONALES

Con cargo al proyecto, se han contratado dos plazas de Técnico Especialista a jornada completa con dedicación de 37,5 h semanales. Los técnicos contratados son Pablo Montoto Gasser y Xan Sanchez Lorenzo, cuyos datos se adjuntan en la **relación de personal contratado**.

Su participación se centra fundamentalmente en la consecución del objetivo 1.1 y sirve de apoyo en el objetivo 1.2.

Sin suponer un cargo al proyecto, participan en el mismo como investigadores responsables, Ezequiel Martínez Ortega y Emilio Cortés Melendreras centrándose fundamentalmente en el desarrollo del objetivo 1.2 y supervisando las tareas del objetivo 1.1.

El gasto material realizado por el equipo técnico se corresponde

## 3. MEDIOS MATERIALES

En relación con el objetivo 1 sobre el Mantenimiento y optimización de la instalación se requiere un periodo de ejecución anual durante el cual el gasto asociado se especifica en la relación de gasto emitida desde el Vicerrectorado de Investigación de la UMU.

Los diferentes medios materiales se agrupan en diferentes conceptos asociados a distintos colores en la relación de gasto.

De este modo, los conceptos incluidos en la partida de "**material fungible**", serían:

- Alimentación
- Cultivos
- Filtración
- Analítica de aguas
- Mantenimiento de calidad de agua
- Repuestos de iluminación
- Reproducción
- Salidas al mar
- Fijación de elementos en los tanques

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:18; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Firmante: EMILIO CORTÉS MELENDRERAS; Fecha-hora: 26/12/2024 20:29:58; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
@dministración electrónica



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/

La partida dedicada a la alimentación de especies es una de las más elevadas debido a la necesidad de alimentar un elevado número de ejemplares de especies como el caballito de mar y los reproductores de nacra con necesidades muy especiales, determinantes en los primeros trabajos de optimización de dietas y elaboración de perfiles nutricionales.

Los cultivos son determinantes a la hora de mantener especies como las nacras. Además, los cultivos de fitoplancton sirven como alimento a los de zooplancton que también son necesarios para las nacras y para los primeros estadíos larvarios y juveniles de las especies.

La filtración es necesaria para que las especies puedan vivir en sistema cerrado sin el impacto de sustancias tóxicas generadas por el metabolismo de los distintos organismos mantenidos. Ciertos elementos de filtración tienen su vida útil, a partir de la cual hay que reponerlos.

La analítica de aguas ofrece una idea de cómo funcionan los sistemas cerrados y es fundamental para detectar cualquier problema en el mantenimiento de la calidad de aguas.

Otra forma de potenciar la calidad de agua en los sistemas cerrados es realizar cambios de agua elaborados con sal sintética con el objetivo de eliminar nutrientes y mantener el equilibrio iónico correcto. Cuanta mayor es la biomasa más necesidad de cambios periódicos de agua. También son importantes durante los eventos reproductores, ya que en tanques de larvas principalmente de invertebrados no se suele utilizar ningún elemento filtrante.

Las mallas utilizadas en reproducción sirven para la limpieza de las larvas, fundamentalmente en bivalvos.

En ocasiones hay que fijar distintos elementos en los tanques parea lo que se utilizan pegamentos basados en resina epoxi que pueden solidificarse debajo del agua sin ser tóxicos.

Las salidas al mar se han realizado en el barco de la Universidad con el coste asumido por el Acuario. El gasto realizado es por la recarga de las botellas de buceo para los días que es necesario su uso.

El gasto de repuesto de iluminación es puntual y corresponde a un ventilador de refrigeración en una pantalla led del sistema de las nacras.

Los conceptos incluidos en la partida de “**otros gastos**” se corresponden con el transporte de la sal sintética y la realización de un estudio genético para evaluar la variabilidad genética de las distintas generaciones de caballitos de mar obtenidas por distintos cruzamientos en el Acuario de la UMU y considerar si es necesario un refuerzo del grupo reproductor para potenciar esa variabilidad.

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:18; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Firmante: EMILIO CORTÉS MELENDRERAS; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:58; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;



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/

## 4. PUBLICIDAD Y DIFUSIÓN

Una vez concluida la puesta a punto de módulos de mantenimiento de especies, salas de cultivos auxiliares e infraestructuras de reproducción y cultivo larvario, se planteó retomar la apertura de la nueva zona para abrirla al público en el Acuario de la Universidad de Murcia, con mayor presencia del proyecto Banco de Especies.

Hasta este momento se están haciendo visitas puntuales para grupos, seleccionados por su interés en los trabajos realizados en el Mar Menor, en la sala donde se ubica el proyecto Banco de Especies.

Esta actividad es compatible con la instalación en los momentos en los que no hay eventos reproductores. El objetivo ahora es poder preparar la sala para abrirla al público durante los meses seleccionados.

Foto 1: Visita Asociación Hippocampus mayo 2024.

También es de destacar que el Acuario de la universidad de Murcia fue premiado en noviembre de 2023, por la Asociación de Divulgación Científica de Murcia por su dilatado trabajo en conservación de especies y divulgación. En el premio se puso de manifiesto la labor realizada desde el Proyecto Banco de Especies del Mar Menor con especies como la nacra y el caballito de mar.

Firmante: EZEQUIEL MARTINEZ ORTEGA; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:18; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
Firmante: EMILIO CORTÉS MELENDRERAS; Fecha-hora: 26/12/2024 20:28:58; Emisor del certificado: CN=AC FNMT Usuarios,OU=Ceres,O=FNMT-RCM,C=ES;
@dministración electrónica



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/