



Investigación e Innovación en Nutrición Acuícola

**Editores: Lucía Elizabeth Cruz Suárez,
Mireya Tapia Salazar, Martha Guadalupe
Nieto López, David A. Villarreal Cavazos,
Julián Gamboa Delgado, y Carlos A.
Martínez Palacios**

Investigación e Innovación en Nutrición Acuícola

2022, Monterrey, Nuevo León, México

Editores: Lucía Elizabeth Cruz Suárez, Mireya Tapia Salazar, Martha Guadalupe Nieto López, David Alonso Villarreal Cavazos, Julián Gamboa Delgado y Carlos A. Martínez Palacios.

Programa Maricultura
Facultad de Ciencias Biológicas
Universidad Autónoma de Nuevo León 2022

Copias disponibles en:
Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ciencias Biológicas
Programa Maricultura
Cd. Universitaria
San Nicolás de los Garza, Nuevo León
C.P. 66455
Tel.+Fax. 818352 6380
E-mail: lucia.cruzsr@uanl.edu.mx

Para citar alguna parte de ésta obra siga el siguiente estilo:

- Autores del escrito. 2022. Nombre del artículo. Editores: Lucía Elizabeth Cruz Suárez, Mireya Tapia Salazar, Martha Guadalupe Nieto López, David Alonso Villarreal Cavazos, Julián Gamboa Delgado y Carlos A. Martínez Palacios. Investigación e innovación en nutrición acuícola, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, pp.473 ISBN: 978-607-27-1732-9. El cuidado de la presente edición, así como su realización estuvo a cargo de los editores.

La reproducción total o parcial de ésta obra requiere la autorización escrita por los titulares del derecho de autor.

Los editores hacemos extensivo nuestro profundo agradecimiento:

- A las personas que colaboraron en la edición técnica de estas memorias

Directorio

Dr. Santos Guzmán López
Rector

Dr. Juan Paura García
Secretario. General

Dr. Celso José Garza Acuña
Secretario extensión y cultura

Lic. Antonio Ramos Revillas
Director de Editorial Universitaria

Dr. José Ignacio González Rojas
Director de la Facultad de Ciencias Biológicas

Editores

Lucía Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha Guadalupe Nieto López, David Alonso Villarreal Cavazos, Julián Gamboa Delgado, y Carlos A. Martínez Palacios.

Dirección de edición: Programa Maricultura, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Dra. Lucía Elizabeth Cruz Suárez, Av. Universidad S/N, Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, C.P. 66455
Email: elicruz@hotmail.com, lucia.cruzsr@uanl.edu.mx
Teléfonos: 52 8183526380

Primera edición 2022. ©Universidad Autónoma de Nuevo León. ©L. Elizabeth Cruz Suárez, ©Mireya Tapia Salazar, ©Martha Guadalupe Nieto López, ©David Alonso Villarreal Cavazos, ©Julián Gamboa Delgado, ©Carlos A. Martínez Palacios.

ISBN:978-607-27-1732-9. El cuidado y edición estuvo a cargo de los editores. El contenido es responsabilidad de los autores.

Párrafo legal: Reservado todos los derechos conforme a la ley. Prohibida la reproducción total o parcial de la obra sin previa autorización por escrito del titular propietario y editor de la obra.

Últimos Avances en el Estudio de la Biosíntesis de Ácidos Grasos Omega-3 de Cadena Larga en Invertebrados Acuáticos

Óscar Monroig*, Alberto Ribes-Navarro, Marc Ramos-Llorens, Andrea Villena-Rodríguez,
Khalida Bainour, Francisco Hontoria, Juan C. Navarro

Instituto de Acuicultura Torre de la Sal, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IATS-
CSIC), Ribera de Cabanes s/n, 12595 Castellón, España

E-mail: oscar.monroig@csic.es

Resumen

Los lípidos de la dieta son compuestos que proporcionan energía y nutrientes esenciales a los animales, incluidas las especies acuáticas cultivadas. Entre los compuestos lipídicos con mayor importancia en acuicultura destacan los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga ($\geq C20$) (en inglés, *long-chain polyunsaturated fatty acids*, LC-PUFA), concretamente el ácido eicosapentaenoico (EPA), el ácido docosahexaenoico (DHA) y el ácido araquidónico (ARA). Además de cubrir necesidades fisiológicas en los peces de acuicultura, asegurando su normal crecimiento y desarrollo, EPA y DHA, conocidos como “omega-3 de cadena larga” (en adelante “ $\omega 3$ LC-PUFAs”), son considerados compuestos saludables para el ser humano. Tradicionalmente, los requerimientos de ácidos grasos esenciales de peces de cultivo y la provisión de $\omega 3$ LC-PUFAs en el pescado de acuicultura se han garantizado mediante la inclusión de ingredientes marinos como la harina y, especialmente, el aceite de pescado, ambos naturalmente ricos en EPA y DHA. La industria de piensos para acuicultura utiliza alrededor del 75 % de las harinas y aceites de pescado producidas a escala global. El carácter finito de estas materias primas, unido al previsible aumento en su demanda para garantizar la predecible expansión del sector, han impulsado la búsqueda de alternativas que permitan aliviar la presión sobre la explotación de pesquerías de las que derivan. Entre estas alternativas, los invertebrados marinos se han postulado como una fuente alternativa de $\omega 3$ LC-PUFAs para acuicultura y eso ha motivado, en parte, el interés por conocer los mecanismos endógenos por los que estos animales pueden biosintetizar $\omega 3$ LC-PUFAs esenciales como EPA y DHA.

Las rutas de biosíntesis ω 3 LC-PUFAs en invertebrados acuáticos están relativamente poco estudiadas en comparación con las de vertebrados, incluidos los peces. Desde los trabajos pioneros en el pulpo común *Octopus vulgaris*, se ha producido un avance notable que ha permitido establecer que muchos invertebrados marinos, entre los que se incluyen moluscos, equinodermos, crustáceos y poliquetos, tienen sistemas enzimáticos que los capacitan para producir ω 3 LC-PUFAs endógenamente. Hay dos tipos de enzimas con especial protagonismo en las rutas biosintéticas de ω 3 LC-PUFAs de animales. Por un lado, las denominadas “elongasas” (o “Elovl” del inglés “*elongation of very long-chain fatty acid proteins*”) son responsables de extender la cadena hidrocarbonada de un ácido graso para producir otros dos carbonos más largos. Elongasas de los tipos Elovl2/5 y Elovl4, entre otras, juegan papeles determinantes en la producción de ω 3 LC-PUFAs de invertebrados. El segundo tipo de enzimas cruciales en las rutas biosintéticas de ω 3 LC-PUFAs son las “desaturasas”, enzimas que catalizan la inserción de un doble enlace (insaturación) en un ácido graso que actúa como sustrato. Es importante señalar que existen dos tipos de desaturasas con funciones en las rutas de biosíntesis de ω 3 LC-PUFAs de animales. Por un lado, están las llamadas “*front-end desaturases*” (Fed), que son enzimas que añaden dobles enlaces entre otro ya existente y el grupo carboxilo del ácido graso del sustrato. Esto hace que el producto de desaturación mantenga su serie, es decir, un ácido graso de la serie “omega-3” se convierte en otro también omega-3 tras la acción de desaturasas Fed. Los animales vertebrados e invertebrados tienen Fed que introducen dobles enlaces en posiciones Δ 4, Δ 5, Δ 6 o Δ 8. Sin embargo, existe una diferencia fundamental entre vertebrados e invertebrados. Mientras que las únicas desaturasas implicadas en las rutas de biosíntesis de ω 3 LC-PUFAs en vertebrados son Fed, algunos invertebrados poseen un segundo tipo de desaturasas llamadas “*methyl-end desaturases*” u “*omega desaturases*” (ω des), un tipo de desaturasas que permite la biosíntesis de ω 3 LC-PUFAs *de novo* a partir de ácidos grasos de otras series y que había sido descrito en microorganismos, pero que se creía ausente en animales. Las enzimas ω des pueden tener diferentes funciones, por ejemplo, una ω 3 des es una desaturasa que introduce la nueva insaturación 3 carbonos más allá del grupo metilo, con lo cual es capaz de convertir ω 6 LC-PUFAs en los correspondientes ω 3 LC-PUFAs. Como se ha adelantado anteriormente, este tipo de enzimas, que se creía inexistente en animales, ha sido descubierto recientemente en muchos invertebrados, confiriéndoles, por lo tanto, la capacidad de producir ω 3 LC-PUFAs *de novo* de forma similar a la de los microorganismos. Esta capacidad biosintética abre la posibilidad de cultivar invertebrados acuáticos a partir de sustratos pobres

nutricionalmente (bajos en ω 3 LC-PUFAs) y a menudo de desecho, para producir una nueva fuente alternativa y sostenible de ingredientes ricos en ω 3 LC-PUFAs. Esta estrategia innovadora para la producción de ω 3 LC-PUFAs se plantea como “alternativa” a las fuentes tradicionales como son las harinas y aceites de pescado procedentes de pesquerías y que, como ya se ha comentado, están en su límite de explotación, si no sobreexplotadas. Además, es también “sostenible” porque, aparte de aliviar la presión sobre recursos naturales finitos y sobreexplotados, representa una forma de reutilizar materiales de desecho de otras industrias de producción de alimento (p. ej., agricultura) para producir biomasa de alto valor nutritivo y económico, aplicando para ello principios de Economía Circular.

Esta ponencia tiene como objeto proporcionar una visión actualizada sobre los avances alcanzados en esta nueva aproximación científica, que abarca desde la nutrición animal a la ecología trófica marina, pasando por la bioquímica y la biotecnología. Para ello, se realizará una revisión sobre la presencia y la función de enzimas Elov1, Fed y ω des en los principales grupos de invertebrados de mayor potencial interés y proyección para el desarrollo de la mencionada estrategia.

Palabras clave: Biosíntesis, ácidos grasos omega-3, invertebrados acuáticos

Agradecimientos

Este estudio ha recibido fondos del proyecto RTI2018-095119-B-100 financiado por MCIN/ AEI /10.13039/501100011033/ y por FEDER Una manera de hacer Europa, así como del proyecto PCI2020-111960 financiado por MCIN/AEI /10.13039/501100011033 y por la Unión Europea NextGenerationEU/PRTR. Khalida Bainour está financiada por un contrato predoctoral Santiago Grisolia (GRISOLIA/2021/120) de la Generalitat Valenciana.