



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA ACUÍCOLA

DETERMINACIÓN DE TRES TIPOS DE ALIMENTO NATURAL PARA EL  
ESTADIO DE MYISIS I EN EL CULTIVO LARVARIO DE *LITOPENAEUS*  
*VANNAMEI*

CHAVEZ CASTILLO EMILIO JOSE  
INGENIERO ACUÍCULTOR

MACHALA  
2022



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA ACUÍCOLA

DETERMINACIÓN DE TRES TIPOS DE ALIMENTO NATURAL  
PARA EL ESTADIO DE MYSIS I EN EL CULTIVO LARVARIO DE  
*LITOPENAEUS VANNAMEI*

CHAVEZ CASTILLO EMILIO JOSE  
INGENIERO ACUÍCULTOR

MACHALA  
2022



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA ACUÍCOLA

EXAMEN COMPLEXIVO

DETERMINACIÓN DE TRES TIPOS DE ALIMENTO NATURAL PARA EL ESTADIO  
DE MYISIS I EN EL CULTIVO LARVARIO DE *LITOPENAEUS VANNAMEI*

CHAVEZ CASTILLO EMILIO JOSE  
INGENIERO ACUÍCULTOR

VALAREZO MACÍAS CESAR AUGUSTO

MACHALA, 29 DE AGOSTO DE 2022

MACHALA  
29 de agosto de 2022

# DETERMINACIÓN DE TRES TIPOS DE ALIMENTO NATURAL PARA EL ESTADIO DE MYSIS I EN EL CULTIVO LARVARIO DE LITOPENAEUS VANNAMEI

*por* Chávez Castillo Emilio José

---

**Fecha de entrega:** 19-ago-2022 01:24a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1884261809

**Nombre del archivo:** EMILIO\_CHAVEZ\_CASTILLO\_COMPLEXIVO\_TERMINADO.docx (1.9M)

**Total de palabras:** 4888

**Total de caracteres:** 26865

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, CHAVEZ CASTILLO EMILIO JOSE, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Determinación de tres tipos de alimento natural para el estadio de mysis I en el cultivo larvario de *Litopenaeus vannamei*, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

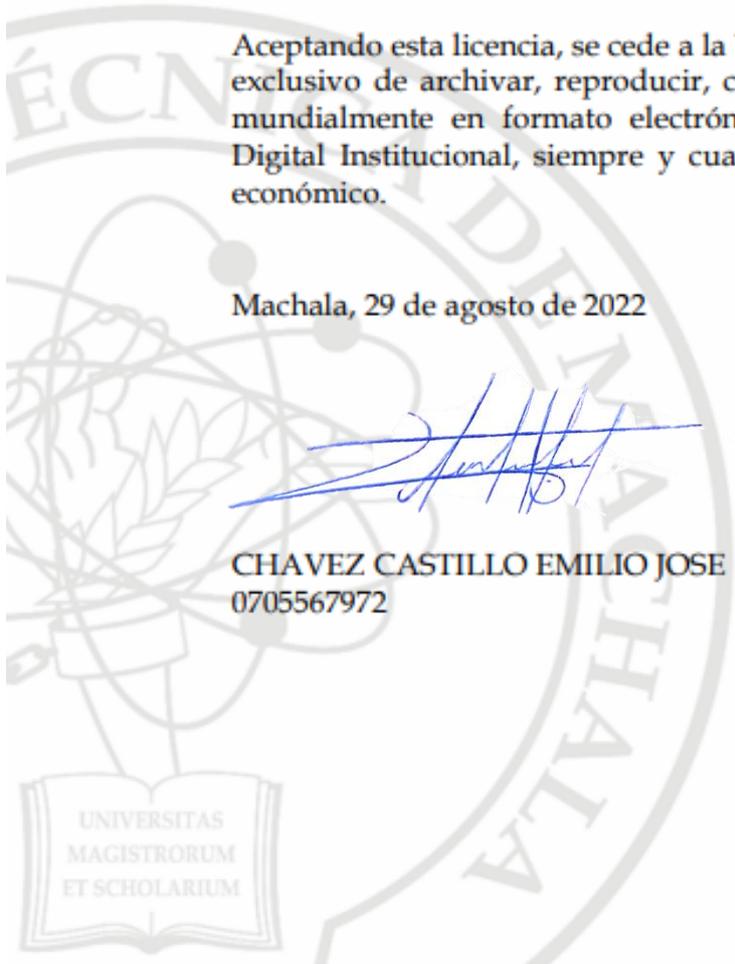
El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 29 de agosto de 2022



CHAVEZ CASTILLO EMILIO JOSE  
0705567972



UNIVERSITAS  
MAGISTRORUM  
ET SCHOLARIUM

## RESUMEN

*Litopenaeus vannamei* es una de las especies de cultivo más importante de la acuicultura a nivel mundial, siendo la producción larvaria de calidad uno de los factores necesarios para asegurar el éxito en el cultivo de camarón a niveles intensivo e hiperintensivo. Durante sus primeras etapas de vida, los nauplios se nutren de sus propias reservas internas, en estadio de protozoa, el fitoplancton es la principal fuente de proteínas, lípidos, carbohidratos y otros compuestos nutricionales, mientras que desde mysis, hay una transición a la depredación activa en especies de zooplancton más grandes. Las larvas requieren de alimento animal, especialmente ácidos grasos de cadena larga, para completar su desarrollo, compuestos nutricionales como aminoácidos esenciales (EAA) y ácidos grasos altamente insaturados como EPA y DHA, juegan un papel importante en el desarrollo, crecimiento y supervivencia. Como alimento vivo dentro de la cadena alimenticia, las microalgas son una fuente de nutrientes de alta calidad dado el contenido variado de aminoácidos esenciales y ácidos grasos; sin embargo, en la etapa de mysis sirven como complemento, ya que el zooplancton es la fuente más completa de nutrientes. La adición de *Artemia* sp. durante este estadio, ha sido identificado como el mejor alimento nutricional para larvas de camarones gracias a la facilidad de manejo y la idoneidad para la bioencapsulación; no obstante, es deficiente en ácidos grasos poliinsaturados (PUFA)-3. Los copépodos proporcionan mayores cantidades de ácidos grasos altamente insaturados como el ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA) que los rotíferos o la artemia, por ende, los nauplios de artemia se deben enriquecer con nutrientes como ácidos grasos, vitaminas, minerales, y probióticos para imitar el perfil nutricional del copépodo.

**Palabras clave:** EPA, DHA, fitoplancton, *Artemia* sp., *Copépodos* sp., *Litopenaeus vannamei*.

## ABSTRACT

*Litopenaeus vannamei* is one of the most important aquaculture species in the world, quality larval production is one of the most important factors to ensure success in large-scale shrimp farming. During their first stages of life, nauplii feed on their own reserves, in the protozoan stage, phytoplankton is the main source of proteins, lipids, carbohydrates and other nutritional compounds, while from mysis, there is a transition to active predation in larger zooplankton species. Larvae require animal feed, especially long-chain fatty acids, to complete their development. Nutritional compounds such as essential amino acids (EAA) and highly unsaturated fatty acids such as EPA and DHA play an important role in enhancing growth and survival. As live food, microalgae are a source of high quality nutrients given the varied content of essential amino acids and fatty acids, however, in the mysis stage they serve as a complement, since zooplankton is the most complete source of nutrients. *Artemia* sp., has been identified as the best natural food for shrimp thanks to its ease of handling and suitability for bioencapsulation; however, it is deficient in polyunsaturated fatty acids (PUFA)-3. Copepods will produce higher amounts of highly unsaturated fatty acids such as eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) than rotifers or brine shrimp, therefore they should be fortified with nutrients such as fatty acids, vitamins, minerals, and probiotics to mimic the nutritional profile of the copepod.

**Keywords:** EPA, DHA, phytoplankton, *Artemia* sp., *Copepods* sp., *Litopenaeus vannamei*.

## ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN .....   | 5  |
| 2. DESARROLLO .....   | 7  |
| 2.2. Estadios larvarios de <i>Litopenaeus vannamei</i> .....    | 7  |
| 2.2.1. Etapa de nauplios .....                                  | 8  |
| 2.2.2. Etapa de zoea .....                                      | 8  |
| 2.2.3. Etapa de mysis .....                                     | 8  |
| 2.2.4. Post-larva (Pl) .....                                    | 8  |
| 2.3. Nutrición .....  | 9  |
| 2.4. Tipos de alimento natural para el estadio de mysis I ..... | 10 |
| 2.4.1. Microalgas .....   | 10 |
| 2.4.1.1. <i>Chaetoceros sp.</i> .....                           | 11 |
| 2.4.2. Zooplancton .....  | 14 |
| 2.4.2.1. <i>Artemia sp.</i> .....                               | 14 |
| 2.4.2.2. <i>Copéodos sp.</i> .....                              | 17 |
| 3. CONCLUSIÓN .....   | 20 |

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

|  |    |
|--|----|
| Ilustración 1 Ciclo de vida de <i>Litopenaeus vannamei</i> ..... | 7  |
| Ilustración 2. Ejemplar de <i>Chaetoceros</i> sp.....            | 14 |
| Ilustración 3. Nauplio de <i>Artemia salina</i> .....            | 16 |
| Ilustración 4. Copépodo del Orden <i>Harpacticoida</i> sp. ....  | 19 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Rango de tamaño y principales características nutricionales de los copépodos en comparación con los nauplios de <i>Artemia</i> como alimento vivo tradicional..... | 19 |
|---|----|

## 1. INTRODUCCIÓN

La industria acuícola es una fuente importante de alimentos y de medios de subsistencia para los seres humanos, para el mundo y para las futuras generaciones. El cultivo de camarón ocupa el segundo lugar entre las producciones más comercializadas a nivel mundial. El camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) es una de las especies acuícolas marinas de mayor importancia económica, por lo cual, se cultiva de manera global. En acuicultura, la producción masiva de larvas en buen estado nutricional y sanitario es uno de los factores más importantes para asegurar el éxito en el cultivo de camarón a gran escala, especialmente en sistemas intensivos e hiperintensivos. Por ende, el desarrollo y crecimiento temprano de las especies marinas depende en gran medida de la captura, digestión y asimilación de alimentos vivos adecuados (Olivotto et al., 2017).

El desarrollo larvario es la fase más crítica dentro de la producción acuícola, esto se debe a que las tasas de mortalidad más altas pueden alcanzar hasta el 70% en este periodo. Los camarones peneidos pasan por diferentes etapas pelágicas dentro del ciclo larvario conocidas como huevo, nauplios, zoea, mysis, post-larva, juveniles y adultos. Las larvas se desarrollan gradualmente a través de una serie de mudas que ocurren en un período de tiempo relativamente corto (11 a 17 días dependiendo de la temperatura y de sus densidades de cultivo), cada estadio presenta adaptaciones anatómicas, fisiológicas y ecológicas que cumplen con sus hábitos de locomoción, comportamiento y alimentación. (Rojo et al., 2020).

Una de las grandes problemáticas para aumentar la diversificación y el desarrollo eficiente en el cultivo de larvas de camarón es el alimento vivo de alta calidad (Olivotto et al., 2017). En el estadio de nauplio, los organismos se caracterizan por ser planctónicos, fotopositivos que no se sustentan de alimento exógeno. El nauplio se alimenta de las reservas de yema depositadas en el huevo. Los primeros estadios desde zoea son filtradores no selectivos (oportunistas), que normalmente se nutren de fitoplancton y zooplancton pequeño, como los rotíferos. Desde mysis hasta postlarva, hay una transición a la depredación activa en especies de zooplancton más grandes.

Los alimentos vivos, principalmente el fitoplancton y el zooplancton, son indispensables para muchas especies acuícolas, ya que contienen altos componentes de macro y micronutrientes, por lo que se les conoce comúnmente como "cápsulas vivas de nutrición"

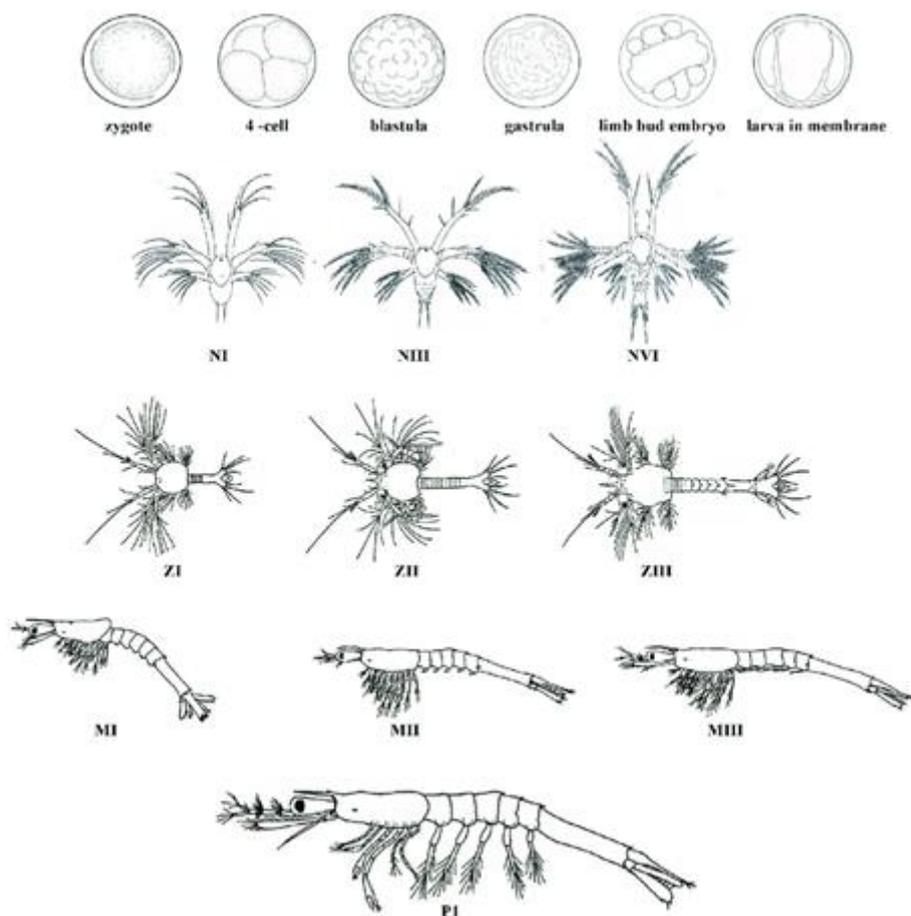
(Kandathil et al., 2020). En el presente trabajo plantea como objetivo establecer la importancia de la adición de alimento vivo durante el estadio de mysis I en *Litopenaeus vannamei* dentro de tres alternativas de nutrición para mejorar su desarrollo y sobrevivencia durante el proceso de larvicultura.

## 2. DESARROLLO

### 2.2. Estadios larvarios de *Litopenaeus vannamei*

*Litopenaeus vannamei*, como miembro de la familia Crustácea, tiene un patrón distintivo para el desarrollo temprano, pasa por diferentes etapas denominadas embrión, nauplio, zoea, mysis y post-larva. Aproximadamente 16 horas después del desove y la fecundación, se produce la eclosión del primer estadio larvario, donde los nauplios se liberan de los huevos para incubar y viven de su reserva de yema de huevo. A través de la metamorfosis, los nauplios se desarrollan en los siguientes estadios larvales (zoea I, II, III, mysis I, II, III y etapa temprana de post-larvas) que siguen siendo planctónicas (Silva, 2020).

Ilustración 1 Ciclo de vida de *Litopenaeus vannamei*



Fuente: (Wei et al., 2014)

### **2.2.1. Etapa de nauplios**

La fase de nauplio de *Litopenaeus vannamei* está conformada por 5 subestadios, tiene una duración aproximada de 8 horas para cada estadio y llegan a medir de 0.2 a 0.6 mm, en esta etapa dependen de los nutrientes presentes en el saco vitelino para cumplir con los requisitos metabólicos. Una de las características principales en esta etapa es su nado irregular y la atracción hacia la luz (Díaz, 2020).

### **2.2.2. Etapa de zoea**

La fase larvaria de zoea está conformada por 3 subestadios, las cuales presentan cambios en su morfología en relación a la etapa naupliar, en la cual se puede evidenciar una diferenciación entre el abdomen y el cefalotórax, así como también un particular nado hacia adelante. En cuanto a su alimentación, se basa principalmente de células fitoplanctónicas que obtienen del medio, por lo que se debe tomar muy en cuenta la calidad del alimento y el tamaño del mismo. El tamaño va a variar dependiendo de la calidad del alimento y del manejo, alcanzando una talla promedio de 2.8 mm de largo y 0.6 mm de ancho en un tiempo aproximado de entre 5 a 6 días (Díaz, 2020).

### **2.2.3. Etapa de mysis**

Durante la etapa de mysis, los rasgos fisiológicos van tomando la forma de un camarón a diferencia de los estadios anteriores. Esta fase está formada por 3 subestadios que tienen un tiempo de duración de 3 a 4 días, su alimentación principal se basa en zooplancton y fitoplancton en menor cantidad. Una de las características más notorias en este estadio es su comportamiento natatorio, el cual se basa en movimientos abdominales similares a contracciones con la cabeza hacia abajo. Su tamaño varía entre 5.2 mm de largo y 2.8 mm de ancho aproximadamente (Díaz, 2020).

### **2.2.4. Post-larva (PL)**

En esta etapa los organismos han desarrollado la mayor parte de su estructura corporal, siendo muy similar a la morfología de un camarón adulto, con tallas que van desde los 5 mm de largo y 3 mm de ancho. Su principal fuente de alimento es el zooplancton, especialmente

nauplios de *Artemia* debido a su calidad nutricional, y se comienza a adicionar alimento artificial (Díaz, 2020).

### **2.3.Nutrición**

En condiciones de cultivo, durante sus primeras etapas, las zoeas se alimentan de fitoplancton mientras que en mysis y post-larvas tempranas se alimentan de zooplancton (rotíferos, copépodos y artemia). Una vez que mudan en su etapa de post-larva, su morfología es similar a sus etapas juveniles y adultas, y comienzan a alimentarse de detritos bentónicos, gusanos, bivalvos y crustáceos (Silva, 2020). Para la fase de zoea, y en menor grado para mysis, el fitoplancton es la principal fuente de proteínas, carbohidratos, lípidos y otros compuestos nutricionales. Se ha determinado que la composición proximal y tasa de crecimiento de larvas de camarón se asocian con la composición bioquímica de las microalgas utilizadas como alimento (Rodríguez et al., 2012).

El nivel óptimo de proteína en la dieta de una larva varía según el estadio, fuente de proteína, digestibilidad y composición de aminoácidos. El requerimiento de proteína de zoea del 30 % aumenta al 50 %–60 % para las etapas mysis y disminuye al 40 % en PL. En general, en la larvicultura comercial de camarones peneidos, la alimentación comienza con microalgas vivas, y la suplementación de camarones en salmuera comienza generalmente en la etapa de mysis (de Moraes et al., 2022).

La nutrición de larvas de decápodos ha generado recientemente un interés considerable, especialmente en lo que se refiere a parámetros ecológicos. La evidencia disponible indica que la mayoría de las larvas requieren alimento animal, especialmente ácidos grasos de cadena larga para completar su desarrollo. Hay algunos indicios de que el fitoplancton puede usarse como suplemento, especialmente durante los períodos de baja abundancia de zooplancton (J. R. McConaughy, 2018). Compuestos nutricionales como aminoácidos esenciales (EAA) y ácidos grasos insaturados juegan un papel importante en la mejora del crecimiento y supervivencia de crustáceos, aumenta la tasa de supervivencia manteniendo la flexibilidad de la membrana biológica, mientras que el ácido docosahexaenoico (DHA) es esencial para mejorar el rendimiento del crecimiento y obtener larvas calidad, además de ayudar en el desarrollo de los tejidos en el sistema nervioso (Felix et al., 2021).

Muchos estudios previos sugirieron que los ácidos grasos altamente insaturados n-3 (HUFA n-3) como EPA y DHA son componentes importantes de los fosfolípidos, que juegan un papel importante en la fluidez de la membrana celular, el rendimiento de los lípidos, el desarrollo reproductivo, el metabolismo de los lípidos y la función inmune en animales acuáticos (An et al., 2020). En particular, es importante que las dietas que contienen organismos marinos contengan ácidos grasos altamente insaturados (HUFA), especialmente EPA (C20:5n3) y ácido docosahexaenoico (DHA, C22:6n3). Los ácidos grasos marinos como EPA y DHA inhiben la inflamación mediada por leucotrienos (Rodríguez & Toledo, 2017).

## **2.4. Tipos de alimento natural para el estadio de mysis I**

### **2.4.1. Microalgas**

El uso de microalgas como alimento para larvas de camarón durante las primeras etapas de su vida es una práctica común en la camaronicultura. Como alimento vivo, las microalgas son una fuente de nutrientes de alta calidad dado el contenido variado de aminoácidos esenciales y ácidos grasos, los cuales son fundamentales para el crecimiento y desarrollo del camarón. En los sistemas de cultivo de camarón se implementan diferentes estrategias: las microalgas se pueden suministrar como únicas o como varias especies mixtas (Torres et al., 2019). La combinación de diferentes especies de algas proporciona una nutrición más equilibrada que mejora el crecimiento animal mejor que una dieta compuesta de una sola especie de alga (Divya & Aanand, 2020). El uso de algas como aditivo en la acuicultura ha recibido una interesante atención debido al efecto positivo que tiene sobre el aumento de peso, aumento del depósito de triglicéridos y proteínas en el músculo, mayor resistencia a las enfermedades, disminución de la producción de nitrógeno en el medio ambiente, mayor digestibilidad y actividad fisiológica.

El valor nutricional de una especie de microalga depende de los principales componentes moleculares como proteínas, carbohidratos y lípidos (especialmente ácidos grasos), calificándolos como alimentos de buena o mala calidad. A su vez, el contenido bioquímico de las microalgas depende de varios factores, como la cepa, tipo y cantidad de nutrientes utilizados en el medio de cultivo, condiciones de temperatura y luz, etapa de la curva de crecimiento a la cosecha y calidad del agua. En general, los elementos nutricionales de una microalga necesarios para una alta supervivencia de larvas de camarones peneidos son un

contenido proteico superior al 25% de su peso seco, 8-30% de carbohidratos y alrededor de 10% de lípidos, incluyendo especialmente ciertos tipos de lípidos como los ácidos grasos (Nuñez et al., 2002). Es decir, los principales componentes de la biomasa de microalgas son proteínas con aminoácidos esenciales, lípidos con ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), carbohidratos, pigmentos y otros compuestos bioactivos (Ansari et al., 2021).

La calidad nutricional de microalgas depende principalmente de la composición de aminoácidos y el contenido de vitaminas, además de que también deben contener una gran cantidad de grasas poliinsaturadas y ácidos, como el ácido docosahexaenoico (DHA), ácido araquidónico (AA) y ácido eicosapentaenoico (EPA) para garantizar un buen crecimiento larvario, supervivencia y resistencia a enfermedades (Jisha et al., 2021). Además, estos organismos presentan buenas propiedades nutricionales como especie única o dentro de dietas que contengan varias especies.

Las algas más utilizadas en acuicultura son: *Chaetoceros*, *Thalassiosira*, *Skeletonema*, *Isochrysis*, *Nannochloropsis*, *Pavlova* y *Tetraselmis*. Las microalgas que se suelen utilizar como alimento de las larvas de peneidos se encuentran entre diferentes géneros, entre las que se encuentran *Chaetoceros* spp. y *Tetraselmis* spp. Este género de algas es considerado como una especie benéfica, ya que contiene todos los requerimientos de las larvas de peneidos (Jamali et al., 2015). Para la selección de microalgas para uso en acuicultura, una cepa tiene que ser fácil de cultivar, carecer de toxicidad, tener alto valor nutritivo, tamaño y forma celular correctos y una pared celular digerible para que los nutrientes estén disponibles. Hoy en día se practican diferentes métodos para mejorar el contenido de ácidos grasos poliinsaturados en microalgas, como la manipulación de condiciones ambientales tales como la intensidad de la luz, el estado de los nutrientes o la temperatura, los cuales permiten la modulación de la composición lipídica y por consiguiente su optimización y productividad.

#### **2.4.1.1. *Chaetoceros* sp.**

El género de diatomeas *Chaetoceros* sp., es muy representativo en el plancton marino de todo el mundo, en términos de diversidad, abundancia y distribución. El género incluye más de 225 especies reconocidas y alrededor de 376 nombres válidamente publicados, especialmente caracterizado por la presencia de setas, que son proyecciones largas y huecas de silicato en forma de espina sobresaliendo de la superficie de la válvula (Hernández, 2021). Con

respecto al tamaño y morfología de la microalga *Chaetoceros* sp., algunas especies poseen cuerpos redondos con tamaños que van desde 4 a 6 micras, y algunos son rectangulares, midiendo 8–2 y 7–18 micras. Como las diatomeas en general, estos organismos tienen paredes celulares hechas de sílice (Puspitasari et al., 2018).

*Chaetoceros* sp., es ampliamente utilizado en larvicultura de animales acuáticos debido a su pequeño tamaño, alto contenido de nutrientes, rápido crecimiento y fácil cultivo (Tang et al., 2020). Es un tipo de alimento natural ideal para estadios larvarios de especies acuícolas, ya que se digieren fácilmente, son de tamaño pequeño, buen perfil nutricional, fácil cultivo y de rápido crecimiento. El contenido nutricional está comprendido por un 35% de proteína, 6,9% de grasa, carbohidratos 6.6% y 28% de contenido de cenizas (Sari & Muhamad, 2020). La alimentación en etapas larvarias de *Litopenaeus vannamei*, se basa en alimentos vivos como microalgas y pequeño zooplancton como rotíferos o artemia; el alimento utilizado en la mayoría de los criaderos se compone de una o más especies de microalgas suministradas en diferentes concentraciones y con diferentes rutinas de alimentación.

*Chaetoceros muelleri* es comúnmente utilizado como único alimento para los estadios de zoea de *Litopenaeus vannamei*; este es suministrado con una concentración inicial de 40–50  $10^3$  cl/ml cuando las larvas se encuentran en la última etapa de nauplios cerca de mudar a zoea I (PZ I); la ración se aumenta a 80–100  $10^3$  cl/ml para PZ I y varía entre 120 y 150  $10^3$  cl/ml hasta que las larvas alcancen el primer estadio de mysis (M I), que se alimenta de nauplios de artemia y 20–50  $10^3$  cl/ml de *C. muelleri* o de flagelados verdes *Tetraselmis suecica*; lo que indica que las microalgas son indispensables durante la etapa de zoea como alimento principal, mientras que entrando a la etapa de mysis sirven como alimento complementario, ya que en estadio el zooplancton es la fuente más completa de nutrientes (Piña et al., 2005).

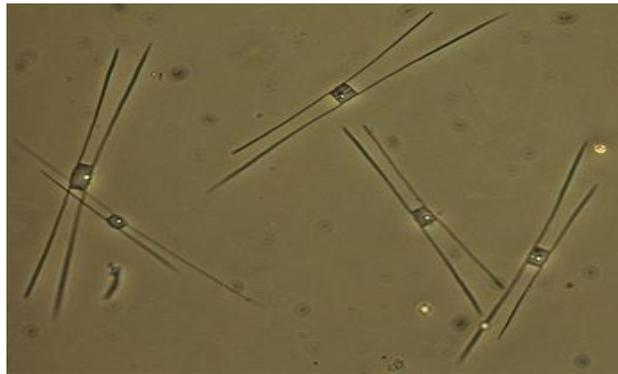
En un estudio realizado por Sari & Muhamad (2020) se evaluó el efecto de la alimentación natural de *Chaetoceros* sp., y la frecuencia de la misma sobre la tasa de desarrollo y supervivencia de larvas de camarón desde el estadio de zoea hasta mysis. Los resultados mostraron que el mejor desarrollo se encontró en el tratamiento donde se suministró diferentes especies de *Chaetoceros* sp, y la tasa de supervivencia más alta se encontró en tratamiento que consistió en una frecuencia de alimentación de 8 raciones con una tasa de supervivencia promedio de 83%.

La diatomea marina *Chaetoceros* sp., ha sido ampliamente investigada por su uso potencial como alimento en acuicultura. El siguiente trabajo realizado por (Araújo & Garcia, 2005), evaluó los efectos de las diferentes condiciones de cultivo en laboratorio en crecimiento y composición bioquímica de esta especie. Los resultados demostraron que el crecimiento y la biomasa se vieron afectados principalmente por la adición de CO<sub>2</sub> y, en menor cantidad, por la salinidad y temperatura. En general, los lípidos y el contenido de carbohidratos fueron mayor a temperaturas más bajas (20 y 25 °C) mientras que la proteína no se vio afectada. La adición de dióxido de carbono aumentó el contenido de proteína y redujo los carbohidratos, pero no tuvo ningún efecto sobre el contenido de lípidos. Los carbohidratos aumentaron mientras que los lípidos y la proteína disminuyó a una salinidad más alta. Esta investigación demuestra que las condiciones de cultivo pueden influenciar significativamente el crecimiento y la composición química del cultivo de microalgas.

Son organismos ideales para el cultivo, porque cumplen con requisitos indispensables para su producción, es decir, crecen rápido, tienen alta sensibilidad y son fáciles de manejar en el laboratorio. *Chaetoceros* sp. actúa como productor primario, además de ser un alimento importante para organismos acuáticos, especialmente camarones (Puspitasari et al., 2018).

Anggreni et al., (2021) dictaminaron los parámetros para un desarrollo y crecimiento adecuado; entre los cuales mencionan la temperatura de 25–30°C, salinidad de 17–25 ppt e intensidad de luz de 500 a 10 000 lux, si la intensidad de luz excede 10.000 lux, el crecimiento disminuirá. Jamali et al., (2015), indican que *Chaetoceros muelleri* tiene una alta tasa de crecimiento y puede crecer en condiciones a la intemperie con un amplio rango de temperatura e iluminación. El contenido nutricional de *Chaetoceros* sp., cultivados en condiciones controladas de criadero para alimento de camarón en su fase exponencial dio como resultado un (58.34 %) de proteína, (12.29 %) de grasa, (4,64 %) de cenizas, (7.34 %) de humedad y (17.39 %) de carbohidratos.

*Ilustración 2. Ejemplar de Chaetoceros sp.*



Fuente: (Li et al., 2017)

#### **2.4.2. Zooplancton**

Los organismos vivos se pueden bioencapsular con una variedad de dietas de enriquecimiento para manipular su contenido en ciertos nutrientes, incluidos los ácidos grasos altamente insaturados y las vitaminas C, A y E. Sin embargo, las técnicas de enriquecimiento no son aplicables para todos los nutrientes y organismos presa. La composición de fosfolípidos es difícil de manipular a través de la dieta de alimentos vivos y el enriquecimiento del ácido docosahexaenoico (DHA) se ve obstaculizado en la mayoría de las especies de artemia debido al catabolismo de este nutriente después del enriquecimiento.

##### **2.4.2.1. Artemia sp.**

La *Artemia* sp., es un habitante típico de lagos y estanques hipersalinos, se caracterizan por comunidades con baja diversidad de especies y estructuras tróficas simples. En acuicultura, se utiliza la artemia como alimento especialmente en la etapa de nauplios en los estadios I-II. El tamaño de los nauplios a menudo no es crítico para las larvas de crustáceos, que pueden capturar y manipular partículas de alimentos con sus apéndices de alimentación; sin embargo, los nauplios de artemia en estadios I y II tienen una talla que oscila entre 500 a 800 micras, lo que los hace ideales en tamaño y perfil nutricional para la etapa de mysis y post-larvas temprana.

*Artemia* sp., ha sido identificado como el mejor alimento natural para camarones, por lo que el nauplio de esta especie se adopta comúnmente como alimento principal en el criadero de larvas. En la mayoría de los criaderos de camarones, la alimentación de las larvas desde zoea hasta las etapas de post-larvas (PL) se basa en el camarón de salmuera, debido a que es fácil de usar y ampliamente aceptado por estos organismos (Seychelles et al., 2018). Los camarones peneidos tienen la capacidad de utilizar el ácido graso obtenido de la artemia como elemento natural insustituible (Supono et al., 2020). Hasta ahora, ninguna dieta formulada artificialmente ha proporcionado un sustituto completo de artemia, que es el alimento vivo preferido en los criaderos marinos comerciales debido a la facilidad de almacenamiento en forma de quiste, facilidad de manejo y la idoneidad para la bioencapsulación; sin embargo, la principal desventaja es el alto costo.

La calidad de *Artemia* sp. es fácilmente observable a partir de su tasa de eclosión, desde que es un quiste hasta la etapa de nauplio; es importante tomar en cuenta el tiempo de este proceso biológico, el cual varía aproximadamente de 13 h a 20 h, y de 20 h a 32 h para alcanzar el 90% de supervivencia. El objetivo del acuicultor normalmente es cosechar los nauplios y alimentarlos a los organismos de cultivo tan pronto como sea posible después de la eclosión, puesto que, con cada hora que pasa, los nauplios metabolizan la yema para sus propias necesidades energéticas, por lo tanto, disminuyen su contenido energético, aumentando en tamaño y movilidad, y haciendo más difícil de capturar. La alimentación de este género de crustáceos conocido también como camarón de salmuera, es de forma no selectiva, nutriéndose de pequeñas partículas de alimentos como las células de algas, bacterias y desechos que varían en tamaño de 1 a 50 micras (Kandathil et al., 2020). *Artemia* sp. desde que es un quiste hasta su nauplio tiene 79,91% de proteína y 8,6% de grasa.

Prusińska et al., (2018) mencionan que una desventaja clara de los nauplios de *Artemia* sp., es que es un alimento nutricionalmente deficiente en ácidos grasos poliinsaturados (PUFA)-3 tales como ácido docosahexaenoico (DHA) y eicosapentaenoico (EPA). Los ácidos grasos poliinsaturados son una de las sustancias biológicamente activas más importantes, debido a que son componentes básicos de los lípidos de las membranas celulares, pero también participan en una serie de importantes funciones metabólicas, además que intervienen el crecimiento, reducen la mortalidad, tiene un impacto positivo en el desarrollo del tracto digestivo, actividad enzimática, y aumenta la resistencia al estrés; es decir, las cualidades nutricionales de artemia son relativamente pobres en términos de ácidos grasos, por lo tanto,

es favorable enriquecer los nauplios de artemia con emulsiones de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) para mejorar su valor nutricional. Sin embargo, artemia enriquecida con PUFA acumula principalmente triglicéridos, que son menos importantes que los omega-3 para el crecimiento, la supervivencia y el desarrollo de las larvas marinas.

La presente problemática se puede resolver a través de técnicas de enriquecimiento, se puede suministrar los nutrientes esenciales que faltan en el zooplancton, además de profilácticos y terapéuticos por medio de alimentos vivos, lo que refleja un mayor crecimiento, supervivencia, tolerancia al estrés y diversidad microbiana para una variedad de especies acuáticas especialmente en etapas tempranas (Samat et al., 2020).

Una investigación realizada por Ahmadi et al., (2019) tuvo como objetivo evaluar los efectos de nauplios de artemia enriquecidos con dos suplementos comerciales que contenían altos niveles de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga n-3 (PUFA) en el crecimiento, rendimiento, resistencia al estrés y perfil de ácidos grasos desde mysis hasta post-larvas de *Litopenaeus vannamei*. Las larvas alimentadas con artemia enriquecida con los complementos comerciales ricos en ácidos grasos tuvieron una tasa de supervivencia más alta (>10 %) que el tratamiento de control basado en alimentación con nauplios de artemia sin ácidos grasos. Por lo que, se recomienda alimentar con artemia enriquecida con ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga n-3 (PUFA) para mejorar el rendimiento y el crecimiento en estadios larvales de *L. vannamei*.

Ilustración 3. Nauplio de *Artemia salina*



Fuente: (Hamidi et al., 2014)

#### 2.4.2.2. *Copépodos sp.*

Los copépodos brindan características deseables adicionales, como el tamaño y el valor nutricional, y hasta ahora, han desempeñado un papel complementario en la crianza de larvas de especies marinas. Algunas especies de estos organismos proporcionan mayores cantidades de los ácidos grasos altamente insaturados como el ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA) que los rotíferos o los camarones de salmuera (Rasdi & Qin, 2016).

Son considerados el referente nutricional para una amplia gama de larvas de especies acuícolas. Sin embargo, la artemia y los rotíferos a menudo se prefieren como alimento, debido a su disponibilidad y factibilidad de cultivo a pesar de sus valores nutricionales inferiores en comparación con los copépodos. Por lo tanto, los alimentos vivos mencionados anteriormente suelen estar enriquecidos con nutrientes como ácidos grasos, vitaminas, minerales, y probióticos para imitar el nivel de nutrientes esenciales del copépodo para mejorar el éxito de crianza de larvas de crustáceos y peces (Samat et al., 2020).

De los diez órdenes de copépodos, *Calanoida*, *Harpacticoida*, *Cyclopoida* y *Mormonilloida* tienen representantes pelágicos en los sistemas marinos. Los copépodos *calanoideos* son miembros particularmente abundantes del reino pelágico en los estuarios y otros hábitats costeros. La mayoría de las especies miden aproximadamente 1,0 mm de longitud total, algunas son tan pequeñas como 0,4 mm y otras tan grandes como 10,0 mm lo que los hace ideales como alimento de larvas crustáceos y peces. En condiciones naturales, el zooplancton se alimenta de una amplia variedad de algas, y especies de bacterias, pero los copépodos prefieren alimentarse de algas. Los copépodos no pueden enriquecerse fácilmente con los métodos de enriquecimiento para rotíferos y nauplios de artemia, algunas especies de microalgas se utilizan comúnmente para mejorar la nutrición y calidad de los copépodos. Barroso et al., (2013), indican que los nauplios de copépodos son de fácil digestión, y son también una buena fuente de antioxidantes, astaxantina y vitaminas C y E. Otra ventaja importante de copépodos es su nado espasmódico, es decir, en zigzag, proporcionando un estímulo visual, que son reconocidos visualmente por los depredadores.

Los copépodos *Harpacticoides sp.*, se ven favorecidos sobre otras especies, ya que estas especies como resultado de su hábitat bentónico, pueden criarse a densidades mucho más altas, también tienen una alta fecundidad general, una fototaxis positiva de los nauplios, son

generalmente tolerantes a las fluctuaciones ambientales; sin embargo, tienen valores óptimos de temperatura y salinidad, estos dependerán de la especie y la cepa. La naturaleza del sustrato juega un papel muy importante en el cultivo para mantener una buena población, así como también una buena calidad del agua y una baja densidad general de copépodos sexualmente maduros, lo que aumentará la productividad naupliar en general (Cutts, 2003).

*Harpacticoideos* sp., tienen cualidades nutricionales superiores en comparación con el camarón de salmuera y rotíferos. Los ácidos grasos altamente insaturados (HUFA), especialmente los ácidos grasos n-3, suelen estar representados en los harpacticoideos en altas concentraciones, en comparación con otros alimentos vivos utilizados en la acuicultura. Algunas especies son capaces de sintetizar HUFA de cadena más larga, aumentando así los niveles de ácidos grasos n-3 que son esenciales. Estudios indican que los harpacticoideos tienen enzimas que son necesarias para la conversión de ácidos grasos poliinsaturados n-3 de cadena más corta en los ácidos grasos esenciales de cadena más larga como el ácido docosahexaenoico (DHA) y ácido eicosapentaenoico (EPA).

Debido a que los copépodos del género *Harpacticoides* sp pueden sintetizar n-3 HUFA, se pueden usar como alimento sin implementar aceite de pescado marino para producir una composición favorable de DHA/EPA. Por lo tanto, estos organismos pueden tener pocas necesidades nutricionales específicas en cultivo y pueden sintetizar HUFA de cadena larga independientemente de su dieta. Por otro lado, el tamaño puede ser muy propicio para la captura de larvas de peces y crustáceos, la longitud del cuerpo entre las especies de *harpacticoides* sp varía de aproximadamente 40 a 80  $\mu\text{m}$  en la primera etapa de nauplio a aproximadamente 300 a 1500  $\mu\text{m}$  en los adultos, el cual está en un rango favorable para el consumo.

Ilustración 4. Copépodo del Orden *Harpacticoida* sp.



Fuente: (Caramujo, 2015)

Los nauplios de copépodos son generalmente más pequeños que la cepa más pequeña de rotíferos y nauplios de *Artemia*, también presentan niveles más altos del nutriente principal en comparación con nauplios de *Artemia*.

Tabla 1. Rango de tamaño y principales características nutricionales de los copépodos en comparación con los nauplios de *Artemia* como alimento vivo tradicional

| Nombre del alimento vivo  | Tamaño Rango                        | Características de los principales nutrientes         |                            |   |  |
|---------------------------|-------------------------------------|---|----------------------------|---|--|
|                           |                                     | Nutrientes principales                                | HUFA                       | DHA/EPA   | Lípidos  |
| Nauplio de <i>Artemia</i> | 400-500 $\mu\text{m}$               | Insuficiente (enriquecimiento necesario)              | Muy bajo                   | <1%   | Principalmente triglicéridos (enriquecimiento necesario)       |
| Nauplio de copépodo       | 150 $\mu\text{m}$ <80 $\mu\text{m}$ | Niveles más altos en comparación con <i>Artemia</i> . | Naturalmente de alto nivel | >1% altos niveles de DHA y EPA cuando se compara con <i>Artemia</i> . | Más fosfolípidos (>50%) cuando se compara con <i>Artemia</i> . |

Fuente: (Altaff & Vijayaraj, 2021)

### 3. CONCLUSIÓN

Las microalgas son un alimento natural indispensable para el cultivo larvario de varias especies acuícolas, especialmente para el estadio de zoea, no obstante, para la etapa de mysis sirven como complemento, debido al tamaño y a que en este estadio requieren de una fuente más completa de nutrientes como el zooplancton. Los *Copépodos sp* representa la mejor opción en términos nutricionales que otros grupos de zooplancton comúnmente usados en criaderos larvarios de camarón como la artemia y rotíferos, especialmente en ácidos grasos altamente insaturados como el ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA); sin embargo, su poca disponibilidad en el mercado y su complejidad de cultivo a grandes escalas representan una desventaja muy clara para su uso. Por otra parte, los nauplios de artemia son reconocidos en larvicultura comercial como la mejor opción de alimento nutricional para el estadio de mysis gracias a su alto contenido de proteína (60 – 80%), tamaño ideal, alta aceptación por la especie, disponibilidad, facilidad de almacenamiento en forma de quiste, facilidad de manejo y la idoneidad para la bioencapsulación. Por ende, los nauplios de artemia enriquecidos con ácidos grasos comerciales, representan la mejor opción en tamaño, viabilidad y perfil nutricional como alimento vivo para el estadio de mysis I de *Litopenaeus vannamei* en larvicultura.

## BIBLIOGRAFÍA

- Altaff, K., & Vijayaraj, R. (2021). Micro-algal diet for copepod culture with reference to their nutritive value – a review. *International Journal of Current Research and Review*, 13(7), 86–96. <https://doi.org/10.31782/IJCRR.2021.13705>
- An, W., He, H., Dong, X., Tan, B., Yang, Q., Chi, S., Zhang, S., Liu, H., & Yang, Y. (2020). Regulation of growth, fatty acid profiles, hematological characteristics and hepatopancreatic histology by different dietary n-3 highly unsaturated fatty acids levels in the first stages of juvenile Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Reports*, 17, 1–8. <https://doi.org/10.1016/J.AQREP.2020.100321>
- Ansari, F., Guldhe, A., Gupta, S., Rawat, I., & Bux, F. (2021). Improving the feasibility of aquaculture feed by using microalgae. In *Environmental Science and Pollution Research* (Vol. 28, Issue 32, pp. 43234–43257). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14989-x>
- Araújo, S., & Garcia, V. (2005). Growth and biochemical composition of the diatom *Chaetoceros cf. wighamii* brightwell under different temperature, salinity and carbon dioxide levels. I. Protein, carbohydrates and lipids. *Aquaculture*, 246(1–4), 405–412. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.02.051>
- Balachandar, S., & Rajaram, R. (2018). Influence of different diets on the growth, survival, fecundity and proximate composition of brine shrimp *Artemia franciscana* (Kellog, 1906). *Aquaculture Research*, 50(2), 376–389. <https://doi.org/10.1111/are.13882>
- Caramujo, M. (2015). Clase Maxillopoda: Subclase Copépoda: Orden Harpacticoida . *Revista IDE@ - SEA*, 1–12. [www.sea-entomologia.org/IDE@](http://www.sea-entomologia.org/IDE@)
- Cutts, C. (2003). Culture of harpacticoid copepods: potential as live feed for rearing marine fish. *Advances in Marine Biology*, 44, 295–316. [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(03\)44005-4](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(03)44005-4)
- de Moraes, L., Santos, R., Gonçalves, G., Mota, G., Dantas, D., de Souza, R., & Olivera, A. (2022). Microalgae for feeding of penaeid shrimp larvae: an overview. In

*Aquaculture International* (Vol. 30, Issue 3, pp. 1295–1313). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s10499-022-00857-z>

Díaz, Á. (2020). *Dosificación del aditivo nufoaqua grow plus en Litopenaeus vannamei para contrarrestar el estrés y aumentar el crecimiento en camarones en cautiverio ubicado en la camaronera Coopas, cantón Arenillas, provincia de El Oro.* [Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/15196>

Divya, M., & Aanand, S. (2020). Microalgae- A boon for larviculture of aquatic organisms. *International Journal of Applied Research 2020*, 6(5), 138–143. <https://www.allresearchjournal.com/archives/?year=2020&vol=6&issue=5&part=C&ArticleId=6692>

Felix, S., Menaga, M., Sundari, C., Charulatha, M., & Neelakandan, P. (2021). A study on the fatty acid enrichment of artemia franciscana for the healthy rearing of penaeus vannamei post-larvae. *Indian Journal of Animal Research*, 55(3), 295–302. <https://doi.org/10.18805/IJAR.B-3956>

Hamidi, M., Jovanova, B., & Kadifkova, T. (2014). Toxicological evaluation of the plant products using Brine Shrimp (*Artemia salina* L.) model. *Macedonian Pharmaceutical Bulletin*, 60(01), 9–18. <https://doi.org/10.33320/MACED.PHARM.BULL.2014.60.01.002>

Hernández, D. (2021). Morphology and taxonomy of the marine planktonic diatom *Chaetoceros crawfordii* sp. nov. (Bacillariophyceae). *Nova Hedwigia, Beihefte*, 151(January), 173–182. <https://doi.org/10.1127/nova-suppl/2021/173>

Jamali, H., Ahmadifard, N., & Abdollahi, D. (2015). Evaluation of growth, survival and body composition of larval white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed the combination of three types of algae. *International Aquatic Research*, 7(2), 115–122. <https://doi.org/10.1007/s40071-015-0095-9>

Jisha, K., Singh, I., & Valsamma, J. (2021). *Comparative Nutritional Characterization of Marine Microalgae Chaetoceros muelleri and Nannochloropsis oceanica used as*

*Live Feeds in Aquaculture.* 142–151.  
[http://keralamarinelife.in/Journals/Vol9/Jisha\\_etal.pdf](http://keralamarinelife.in/Journals/Vol9/Jisha_etal.pdf)

- Kandathil, D., AkbarAli, I., Schmidt, B., John, E., Sivanpillai, S., & Thazhakot, S. (2020). Improvement of nutritional quality of live feed for aquaculture: An overview. *Aquaculture Research*, *51*(1), 1–17. <https://doi.org/10.1111/are.14357>
- Li, Y., Boonprakob, A., Gaonkar, C. C., Kooistra, W. H. C. F., Lange, C. B., Hernández-Becerril, D., Chen, Z., Moestrup, Ø., & Lundholm, N. (2017). Diversity in the Globally Distributed Diatom Genus *Chaetoceros* (Bacillariophyceae): Three New Species from Warm-Temperate Waters. *PLOS ONE*, *12*(1), 1–38. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168887>
- McConaughy, J. R. (2018). Nutrition and Larval Growth. In J. McConaughy (Ed.), *Crustacean Issues* 2 (pp. 127–154). Routledge. <https://doi.org/10.1201/9781315140698-3>
- Núñez, M., Lodeiros, C., Donato, M. De, & Graziani, C. (2002). Evaluation of microalgae diets for *Litopenaeus vannamei* larvae using a simple protocol. *Aquaculture International*, 177–187. doi:10.1023/A:1022102032684
- Olivotto, I., Oliver, M. P., & Turchi, C. (2017). Larval Diets and Nutrition. In *Marine Ornamental Species Aquaculture* (pp. 125–137). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119169147.ch9>
- Piña, P., Nieves, M., Ramos, L., Chavira, C., & Voltolina, D. (2005). Survival, growth and feeding efficiency of *Litopenaeus vannamei* protozoa larvae fed different rations of the diatom *Chaetoceros muelleri*. *Aquaculture*, *249*(1–4), 431–437. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.04.037>
- Puspitasari, R., Suratno, Purbonegoro, T., & Agustin, A. (2018). Cu toxicity on growth and chlorophyll-a of *Chaetoceros* sp. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *118*(1), 0–5. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/118/1/012061>

- Rasdi, N., & Qin, J. (2016). Improvement of copepod nutritional quality as live food for aquaculture: a review. *Aquaculture Research*, 47(1), 1–20. <https://doi.org/10.1111/ARE.12471>
- Rigigoong, S., & Akbari, P. (2021). Effect of enriched *Artemia urmiana* with *Chaetoceros* sp. microalgae on fatty acid composition and antioxidant status of *Litopenaeus vannamei*. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 30(5), 13–23. <https://doi.org/10.22092/ISFJ.2021.125318>
- Rodríguez, E., López, J., Aguirre, E., Del Garza, M., Constantino, F., Miranda, A., & Nieves, M. (2012). Evaluation of the nutritional quality of *Chaetoceros muelleri* schütt (Chaetocerotales: Chaetocerotaceae) and *Isochrysis* sp. (Isochrysidales: Isochrysidaceae) grown outdoors for the larval development of *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931) (Decapoda: Penaeidae). *Archives of Biological Sciences*, 64(3), 963–970. <https://doi.org/10.2298/ABS1203963R>
- Rojó, L., García, F., Romero, R., & Dominguez, L. (2020). Proteolytic profile of larval developmental stages of *Penaeus vannamei*: An activity and mRNA expression approach. *PLoS ONE*, 15(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239413>
- Samat, N., Yusoff, F., Rasdi, N., & Karim, M. (2020). Enhancement of live food nutritional status with essential nutrients for improving aquatic animal health: A review. *Animals*, 10(12), 1–27. <https://doi.org/10.3390/ani10122457>
- Sari, N., & Muhamad, D. (2020). *Frekuensi pemberian pakan alami jenis Chaetoceros sp yang dipupuk cairan rumen terhadap perkembangan sintasan larva udang vannamei (Litopenaeus Vannamei) stadia zoea sampai mysis*. 9(1), 1–9. <https://www.semanticscholar.org/paper/FREKUENSI-PEMBERIAN-PAKAN-ALAMI-JENIS-Chaetoceros-Sari-Ikbal/2cbdb7da7f98d93b40db50b350e9340f10c15c72>
- Seychelles, L. H., Happe, S., Palacios, E., Ludwig, M., Hollmer, S., Ehlers, R.-U., Schulz, C., & Mercier, L. (2018). Successful rearing of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* larvae fed a desiccation-tolerant nematode to replace *Artemia*. *Aquaculture Nutrition*, 24(2), 903–910. <https://doi.org/10.1111/anu.12626>

- Silva, A. (2020). *Nutritional bases of microdiet development for the early stages of two crustacean species: whiteleg shrimp (Penaeus vannamei) and European lobster (Homarus gammarus)*. <https://sapientia.ualg.pt/handle/10400.1/15278>
- Supono, S., Yanti, A., Pertiwi, A., Tarsim, T., & Wardiyanto, W. (2020). The effect of nauplii *Artemia* sp. enriched with biofloc on the performance of *Penaeus monodon* and *Penaeus vannamei* post-larvae. *Aceh Journal of Animal Science*, 5(2), 81–86. <https://doi.org/10.13170/ajas.5.1.14811>
- Tang, Y., Wang, R., Tan, L., Guo, L., Duan, Y., Yang, L., Jiang, S., Zhou, F., Jiang, S., & Huang, J. (2020). Effects of live microalgae and algae powder on microbial community, survival, metamorphosis and digestive enzyme activity of *Penaeus monodon* larvae at different growth stages. *Aquaculture*, 526, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735344>
- Torres, E., Cadena, M. A., Rojas, M., Cota, M. R., Pacheco, J., & Zavala, O. (2019). Zootechnical evaluation of *Penaeus vannamei* larvae fed endemic microalgae and a probiotic from the Gulf of California. *Revista Bio Ciencias*, 6(311), 1–14.
- Wei, J., Zhang, X., Yu, Y., Huang, H., Li, F., & Xiang, J. (2014). Comparative transcriptomic characterization of the early development in Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *PLoS ONE*, 9(9), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0106201>