

El siguiente material está dividido en dos partes.

Aquí conocerás acerca de **la alimentación de larvas** y en la siguiente sobre los **resultados de prueba de alimentos**.



El impacto de la calidad física y contenido nutricional del alimento en el rendimiento de larvas *Litopenaeus vannamei*.

Cesar Molina-Poveda, Felipe Zavala, Eamonn O'Brien,
Manuel Espinoza-Ortega, Carlos Mora-Pinargote.

Skretting Aquaculture Innovation
Skretting LATAM
cesar.molina@skretting.com

SKRETTING
a Nutreco company



INTRODUCCIÓN

La creciente industria del cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* ha incrementado la demanda de larvas y postlarvas, resaltando la importancia de la disponibilidad de tamaños de los juveniles en la cadena productiva. Según Valderrama y Anderson (2012), la calidad de la larva y la disponibilidad de camarones juveniles es crucial para el éxito del cultivo comercial en términos de eficiencia y rentabilidad.

Durante la fase larvaria el camarón experimenta un rápido crecimiento y desarrollo; además es en esta etapa que los animales son más susceptibles a los estresores químicos y físicos como las infecciones por microorganismos, parásitos y protozoos (de Oliveira et al., 2023). Por estas razones, en este período, las larvas de camarón son altamente dependientes de una dieta de adecuada calidad nutricional para cubrir sus necesidades fisiológicas y mejorar la calidad final de las postlarvas (Pedrazzoli et al., 1998; Xie et al., 2019). En general, para cubrir las necesidades nutricionales en la larvicultura de camarones Peneidos, la alimentación en la fase Zoea se realiza principalmente con microalgas, mientras que en la fase Mysis se utilizan microalgas y nauplios de artemia. En cuanto a la etapa postlarval existen una gran variedad de alimentos vivos que pueden combinarse con una mayor diversidad de dietas inertes comerciales (de Oliveira et al., 2023). El uso de los alimentos vivos tiene como objetivo mejorar la respuesta inmune, la metamorfosis, el crecimiento, la supervivencia y la pigmentación de los camarones (Ju et al., 2012; Macias-Sancho et al., 2014; Silva et al., 2020). Sin embargo, la producción de estos microorganismos todavía se considera una de las fases más costosas en la larvicultura representando entre el 30 – 50 % de los costes operativos (Richmond, 2004; Tredici et al., 2009). Por esta razón, se hace necesario el uso de dietas inertes para la reducción de costos (Robinson et al., 2005) y disminución del riesgo de vectorización de patógenos (Stentiford et al., 2013). Sin embargo, este tipo de estrategia suele estar relacionada con la baja calidad de las postlarvas producidas y, en consecuencia, la incidencia de enfermedades (Munro y Owens, 2007) ya que una pobre calidad e inadecuadas características físicas del alimento pueden impactar directamente en la capacidad de las larvas para consumir y digerir los nutrientes, lo que finalmente se traduce en bajos rendimientos.

La falta de una nutrición adecuada durante la etapa larval del camarón puede tener consecuencias significativas en su crecimiento y desarrollo. Las larvas con deficiencias nutricionales pueden presentar un crecimiento lento de hasta dos días, estos atrasos en el tiempo de cultivo incrementan no solo los costos de producción sino aún más importante los riesgos intrínsecos en la producción de postlarvas, principalmente la presencia de enfermedades (Andrade y Goytortúa, 2010). Además, la falta de nutrientes puede afectar la supervivencia y otros parámetros de calidad de los camarones como la coloración, estructura y resistencia a estrés ambiental.

Dada la especial sensibilidad de las larvas a las condiciones que las rodean, como es la calidad del medio acuático existen nuevos desafíos en materia de producción de alimentos larvales que se precisan reconsiderar, ya que no solamente deben cumplir condiciones en el plano nutricional, sino también deben ser un soporte de sistemas de cultivo más limpios.

En el presente artículo se reporta la importancia que tiene a más del equilibrado contenido nutricional, las características físicas del alimento para larvas, en términos de rendimiento del camarón.

HÁBITOS ALIMENTICIOS Y EQUILIBRIO NUTRICIONAL EN LARVALES Y POSTLARVALES

Los hábitos de alimentación de las larvas de camarón *L. vannamei* sufren cambios significativos a medida que avanzan en sus diversas etapas de desarrollo. Comprender estos hábitos alimenticios es crucial para diseñar alimentos y estrategias de alimentación adecuadas para optimizar el crecimiento y la supervivencia de las larvas del camarón. Durante las primeras etapas larvales, el camarón depende principalmente de las reservas de yema obtenidas del huevo. A medida que eclosionan, entran en la etapa de nauplio, caracterizada por la presencia de apéndices, que se utilizan para la alimentación por filtración. Estas larvas nadan activamente en la columna de agua, capturando pequeñas partículas suspendidas en el agua, como fitoplancton de tamaños generalmente menores a 6 µm (Andrade y Goytortúa, 2010) y otras materias orgánicas en suspensión. Durante las etapas de zoea y mysis, consumen una gama más amplia de organismos vivos como rotíferos, copépodos y nauplios de artemia, así como microalgas y alimentos formulados. La transición a una dieta más variada contribuye a un rápido crecimiento y

desarrollo durante estas etapas (Bombeck et al., 2002). A medida que las larvas del camarón *L. vannamei* avanzan hacia las etapas post-larvas, sus hábitos de alimentación cambian aún más. Las postlarvas son más capaces de buscar y capturar activamente una variedad de fuentes de alimentos disponibles, incluidos organismos vivos, al mismo tiempo que muestran una mayor aceptación de las dietas formuladas.

Los requerimientos de proteína para las larvas en fase de Zoea y Mysis suelen ser altos, por lo que las dietas recomendadas suelen tener un contenido de proteína bruta en el rango de 55% a 60% (Le Moullac et al., 1994). A medida que las larvas se convierten en postlarvas, los requerimientos de proteína tienden a disminuir ligeramente. En cuanto a los aminoácidos se cree que al igual a lo observado en el desarrollo larvario de peces marinos (Fyhn, 1989), las larvas de camarón podrían usar como principal fuente de energía a los aminoácidos para suplir los grandes cambios en la morfología y funcionamiento del sistema digestivo (Lovett y Felder, 1989). Además, en el medio natural la mayor parte de su alimentación lo constituyen algas y pequeños invertebrados ricos en aminoácidos libre (Admiraal et al., 1986), fortaleciendo esta hipótesis.

En cuanto a lípidos, las larvas de camarones Peneidos tienen un requerimiento imprescindible de ácidos grasos de cadena larga altamente insaturada (HUFA). Particularmente su crecimiento parece ser promovido por el ácido docohexanoico (DHA) 22:6n-3 y mejorado todavía más por el ácido eicosapentanoico (EPA) 20:5n-3. En adición a esto algunos autores han observado que el ácido araquidónico (ARA) 20: 4n-6 pueden mejorar el crecimiento en los estadios de Zoea en *P. semisculatus*, *P. monodon* y *M. japonicus* (D'Souza and Loneragan, 1999).

El uso de microalgas como *Isochrysis* spp, *Tetraselmis* spp, así como las diatomeas *Skeletonema* spp, *Thalassiosira* spp y *Chaetoceros* spp ayudan a suplir estos requerimientos (García Galano, 2000). Sin embargo, el perfil de ácidos grasos de las microalgas puede variar ampliamente, aunque se mantengan en condiciones aparentemente estables como se demuestra por las grandes desviaciones estándar del contenido de HUFA obtenidos en varios experimentos en donde se compara el crecimiento con dietas mono-algales y mezclas de algas (Piña et al., 2006). Ante esto, por practicidad, contenido constante de HUFA, reducción de costos y disminución de la posibilidad de transmisión de patógenos se han llevado a que se consideren los alimentos artificiales como un reemplazo de las microalgas (de Moraes et al., 2022). Varios estudios se han realizado para reemplazar este tipo de mezclas de algas por alimento artificial (Gallardo et al., 2004).

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS ALIMENTOS LARVALES Y POSTLARVALES

a) Tamaño del alimento y su distribución

Las larvas de camarón son pequeñas y tienen capacidades de alimentación limitadas, especialmente durante las primeras etapas. Las larvas tienen apéndices mandibulares pequeños y una capacidad limitada para la ingestión de partículas grandes. La falta de alimento con un tamaño apropiado podría afectar significativamente su tamaño y supervivencia (de Oliveira et al., 2023).

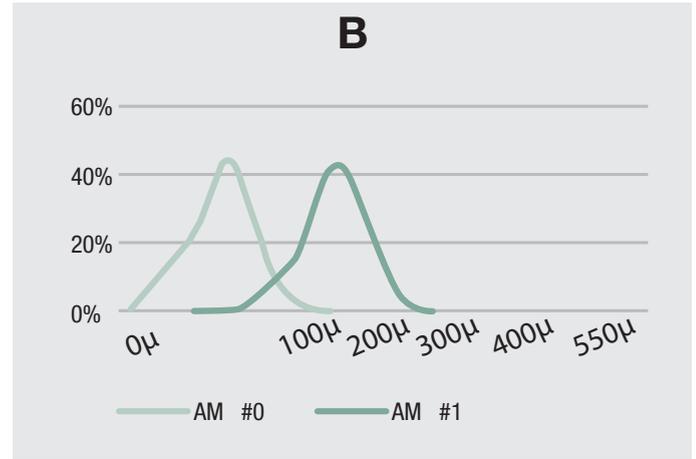
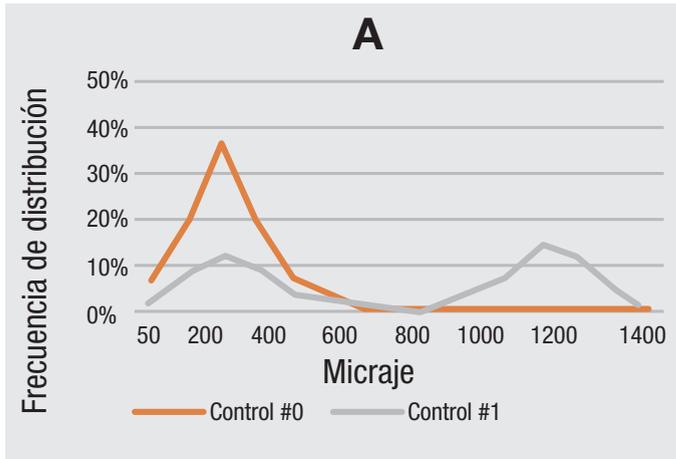
El entendimiento del comportamiento de los camarones en relación con la captura del alimento es importante para un buen desarrollo de dietas artificiales. Varios apéndices morfológicos que varían de acuerdo con el estadio larvario del camarón están involucrados en la búsqueda y la ingestión (Kawamura et al., 2018), por lo que la gama de alimentos debe cubrir todas las fases. Los tamaños deben abarcar un rango desde 10 µm hasta 800 µm (Tabla 1) para de esta forma facilitar la captura y la ingestión de los alimentos.

Tabla 1. Rangos de tamaños de alimento balanceado para las diferentes etapas del desarrollo larval y postlarval de *L. vannamei*.

| Tamaño (µm) | 10-110 | 10-110 | 10-110 | 10-110 | 10-110 |
|-------------|--------|--------|---------|----------|-----------|
| Etapas | Z1-M1 | Z3-PL1 | PL1-PL7 | PL5-PL15 | PL15-PL25 |

Es también importante considerar una adecuada distribución de los tamaños de alimento dentro de cada rango. Una cantidad suficiente y del tamaño adecuado del alimento asegura menor competencia e iguales condiciones de acceso.

La figura 1B se muestra una mayor uniformidad altimétrica (concentración de datos alrededor del valor nominal) para los alimentos mejorados y fabricados por extrusión en comparación con alimentos manufacturados por métodos convencionales (Fig. 1A) donde se observa un amplio rango de tamaños incluso en el control #1 se aprecia dos valores nominales (200 y 1100 µm).



AM: Alimento mejorado microestruido

Figura 1. Distribuciones de tamaño de dos alimentos convencionales (A) comparados con la distribución con alimento mejorado microestruido (B).

Las partículas del alimento deben tener el tamaño adecuado y una textura adecuada que permita una fácil ingestión y digestión. Si las partículas de alimento son demasiado grandes o demasiado duras, las larvas pueden tener dificultades para consumirlas, lo que reduce la eficiencia de alimentación y la absorción de nutrientes. El tamaño y la distribución uniformes de las partículas ayudan a garantizar una ingesta constante de nutrientes entre las larvas, lo que reduce la competencia y el canibalismo.

b) Estabilidad en el agua

El alimento para larvas de camarones se proporciona típicamente en forma de microcápsulas o gránulos que se introducen en los tanques de larvicultura (D´Abramo et al., 2006). Es crucial que el alimento sea estable al agua, lo que significa que no debe desintegrarse o disolverse rápidamente al entrar en contacto con el agua. La estabilidad del agua asegura que el alimento permanezca intacto durante un período suficiente, lo que permite que las larvas lo localicen y lo consuman.

La hidroestabilidad es un parámetro de calidad crítico que generalmente depende de una buena combinación de ingredientes y procesamiento (Obaldo y Tacon, 2001). Una alta estabilidad previene la pérdida de nutrientes por disolución o lixiviación del alimento durante la inmersión en el agua. Existen ciertos procesos que tienen un efecto muy marcado en la hidroestabilidad, uno de ellos es la extrusión en frío, con este proceso de formado, se consigue que la calidad nutricional se mantenga -los nutrientes no son afectados por calor- y al mismo tiempo una alta estabilidad es alcanzada, lo que no permite la lixiviación dando como resultado una mejor calidad de agua y sistemas de producción más limpios.

En alimentos con tamaño reducido, la lixiviación se maximiza, por la mayor superficie de contacto con el agua (Obaldo y Tacon, 2001). En este tipo de alimentos es aún más crítica la hidroestabilidad por lo que se debería evitar a toda costa que se desintegren o disuelvan rápidamente al entrar en contacto con ella.

El proceso de microextrusión asegura que el alimento tenga una mejor estabilidad en el agua (Alimento A) frente a otros alimentos (B, C, D) fabricados por métodos convencionales como se muestra en la figura 2.

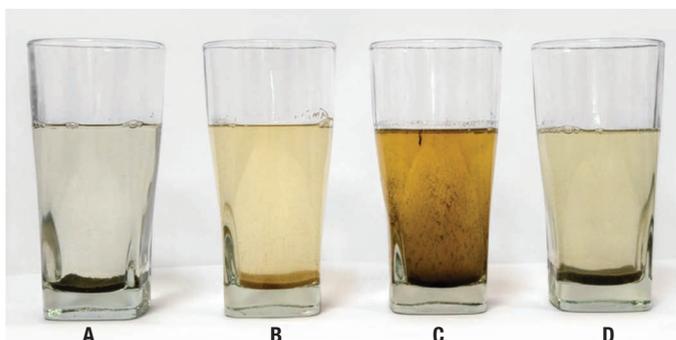


Figura 2. Estabilidad cualitativa de alimento mejorado microestruidos (A) frente a otros tipos de alimentos (B, C, D).

c) Generación de espuma

La generación de espuma por el alimento de larvas puede tener implicaciones significativas para la calidad del agua en los tanques de larvicultura del camarón. La espuma se refiere a la acumulación de burbujas en la superficie del agua, que se pueden formar cuando ciertos ingredientes del alimento interactúan con el agua.

La generación de espuma en los sistemas de acuicultura puede ocurrir debido a varios factores, incluida la presencia de ingredientes de alimentos específicos, aireación excesiva y actividades bacterianas. Es conocido que existe una relación directa entre la cantidad de materia orgánica presente en el agua y la formación de espuma en sistemas intensivos de cultivo de camarones. En el caso del alimento para larvas, ciertos componentes como proteínas, lípidos y carbohidratos pueden contribuir a la formación de espuma. Por ejemplo, la descomposición de proteínas y lípidos durante la digestión puede liberar compuestos de superficie activa que promueven la estabilidad de la espuma. La presencia de espuma en los alimentos puede afectar la calidad y la eficiencia de la alimentación larval. Algunas consideraciones para controlar la generación de espuma en alimentos larvales para camarón incluyen la formulación de Ingredientes de alta calidad. Los ingredientes de baja calidad, como los subproductos de baja digestibilidad o con alto contenido de fibra, pueden aumentar la formación de espuma.

El tamaño y la textura de las partículas del alimento también pueden influir en la formación de espuma. Partículas finas y el polvo o cisco pueden generar más espuma durante la manipulación y la alimentación. El proceso de fabricación de los alimentos larvales también puede tener un impacto en la generación de espuma. Un proceso de mezclado y extrusión adecuado puede ayudar a minimizar la formación de espuma. Además, es importante controlar la humedad durante el proceso de producción, ya que el exceso de humedad puede contribuir también a la generación de espuma.

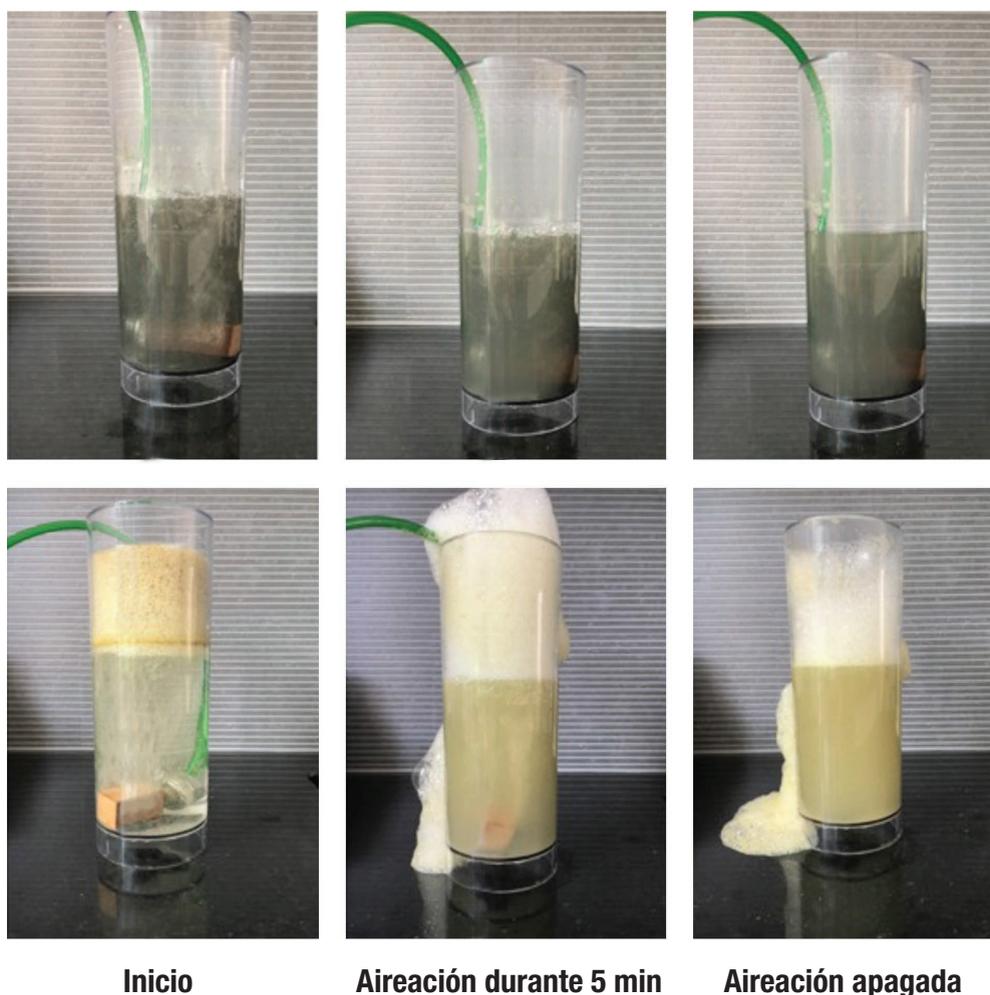


Figura 3. Evaluación de formación de espuma en dos alimentos
A: alimento microextruido en frío B: Alimento granulado

Hay varios impactos que tiene la formación de espuma excesiva en la calidad del agua como a) Agotamiento del oxígeno: la acumulación de espuma puede dificultar el intercambio de oxígeno entre el agua y la atmósfera, lo que lleva a niveles reducidos de oxígeno en el sistema. Esto puede ser particularmente perjudicial para las larvas de camarón, que son muy sensibles a las bajas concentraciones de oxígeno. b) Desequilibrio del pH: la degradación de la materia orgánica dentro de la espuma puede provocar la liberación de dióxido de carbono, lo que podría conducir a una disminución del pH. Las condiciones ácidas pueden afectar negativamente la salud y la supervivencia de las larvas de camarón. c) Desequilibrio de nutrientes: la formación de espuma puede resultar en la concentración de nutrientes, como nitrógeno y fósforo, en la capa de espuma. Estos niveles elevados de nutrientes pueden promover el crecimiento de algas y otros microorganismos indeseables, lo que lleva al deterioro de la calidad del agua. d) Penetración de luz: La acumulación de espuma en la superficie del agua puede reducir la penetración de luz en la columna de agua. Esto puede dificultar la fotosíntesis, afectando el crecimiento de microalgas y alterando potencialmente el equilibrio del ecosistema.

d) Distribución del alimento al entrar en contacto con el agua

La densidad de las partículas de alimento es uno de los factores más importantes para lograr una caída homogénea en la columna de agua y garantizar que todos los organismos tengan acceso adecuado a la dieta y minimizar la competencia y el desperdicio. En el proceso de extrusión la regulación cuidadosa de las presiones asegura una densidad adecuada para facilitar un descenso del alimento a una velocidad constante. El tamaño uniforme es igualmente un factor que tiene efecto en este parámetro, el uso de partículas demasiado grandes o pequeñas puede provocar una distribución desigual en la caída del alimento.

En la figura 4 se puede observar como al colocar una misma cantidad de alimento en un volumen de agua se tiene comportamientos muy distintos entre los tres alimentos comparados. El alimento A se libera/desciende gradualmente desde la superficie hacia el interior de la columna de agua mientras que el alimento B se asienta rápidamente y el alimento C se dispersa por “ráfagas”. Si el alimento se dispersa o se hunde rápidamente, es posible que las larvas no lo encuentren, lo que da como resultado una alimentación inadecuada y un crecimiento comprometido.

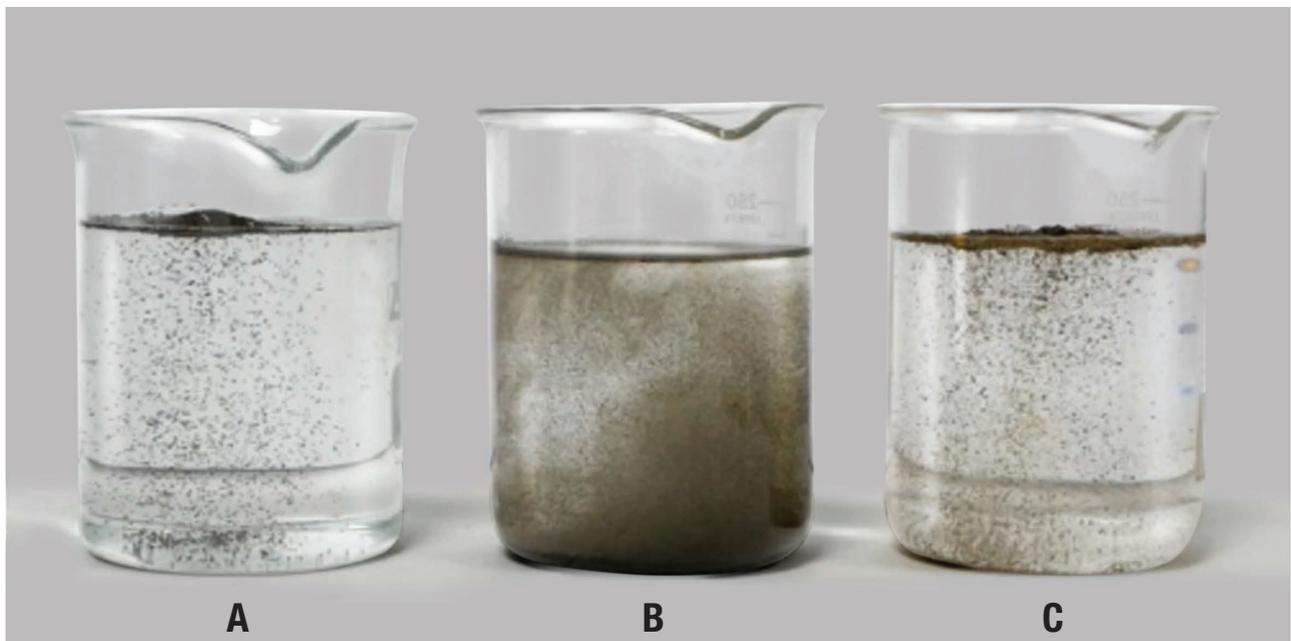
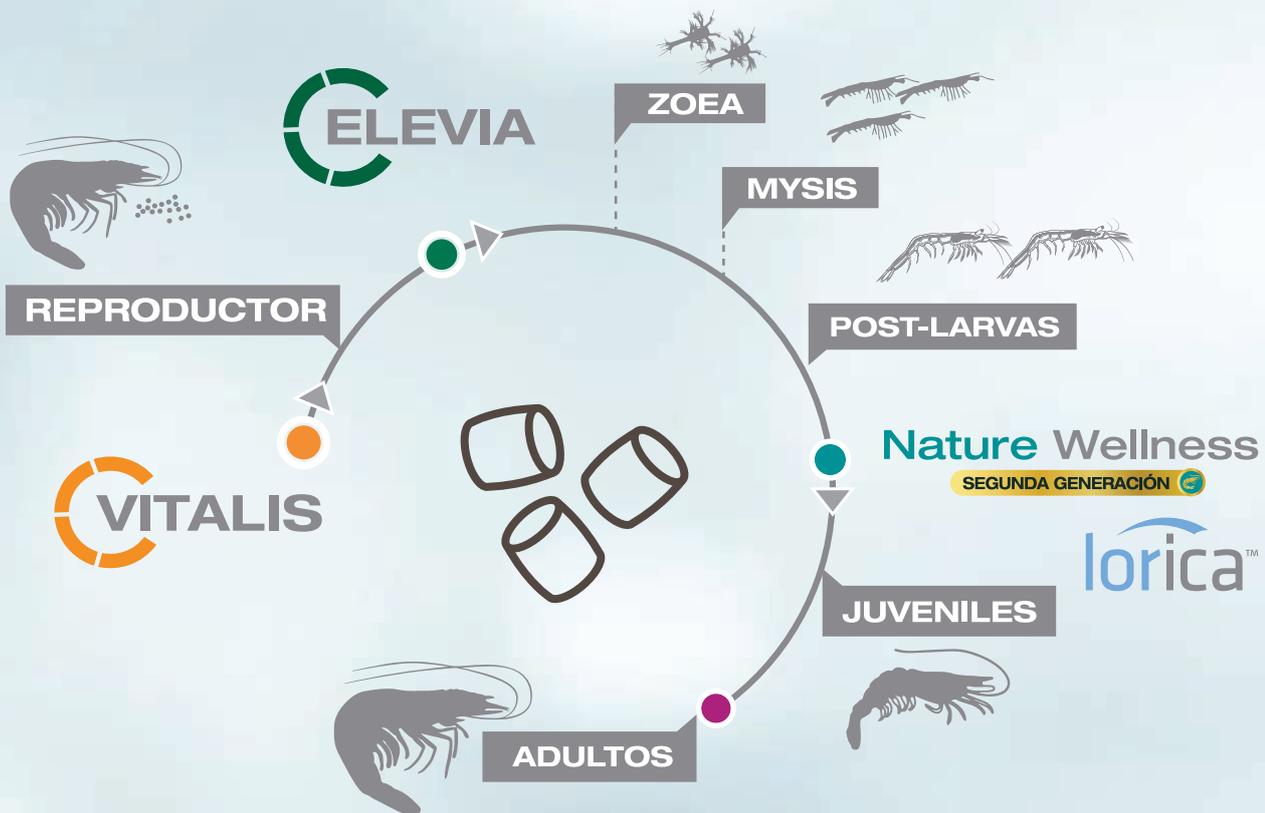


Figura 4. Dispersión de alimento mejorado al contacto con el agua frente a otros productos. Nótese la dispersión homogénea del alimento A (microextruido en frío) vs B y C. Para ver el video escanear el código QR.

SOLUCIONES NUTRICIONALES PARA CADA ETAPA DE CULTIVO DEL CAMARÓN



Xpand **lorica™**

Optiline **Masterline** **Setline**

OUR PURPOSE

Feeding the Future

SKRETTING
a Nutreco company

