



ALLIANCE™

(<https://www.globalseafood.org>).



**Responsible
Seafood**
ADVOCATE



Health &
Welfare

Interacciones microbianas con larvas de peces marinos cultivados

28 April 2025

By Dr. Pavlos Makridis

Esta investigación se centra en los factores que influyen en la microbiota larvaria y en las estrategias para mejorar el equilibrio microbiano en los sistemas de cría



Este estudio revisa la literatura científica sobre las interacciones microbianas entre la microbiota acuática, la microbiota del alimento vivo, el sistema inmunitario de las larvas de peces, la microbiota intestinal y las comunidades microbianas de las biopelículas en sistemas de cría de larvas de peces marinos. La investigación se centra en los factores que influyen en la microbiota larvaria y en las estrategias para mejorar el equilibrio microbiano en los sistemas de cría y así mejorar la supervivencia y el crecimiento de las larvas. Fotografía de larvas de lubina europea (*Dicentrarchus labrax*) de Olivier Dugornay (CC BY 4.0, <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, vía Wikimedia Commons).

Durante las últimas décadas, una de las áreas de interés de la microbiología acuícola ha sido el estudio de la microbiota de las larvas de peces marinos. La microbiota de los peces es crucial para la salud y el desarrollo del huésped, pero se sabe relativamente poco sobre su ensamblaje durante las primeras semanas tras la eclosión. La microbiota intestinal constituye un obstáculo importante para la colonización de patógenos oportunistas en el intestino larvario, mientras que las larvas de peces marinos son vulnerables a una alta mortalidad durante las primeras semanas tras la eclosión, causada por la proliferación de bacterias oportunistas. La optimización de las condiciones de cría que promueven el desarrollo de una microbiota estable, diversa y resiliente requiere la determinación de los factores que influyen en la **colonización microbiana** (<https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00207>).

Las bacterias colonizan la piel, las aletas y las branquias de los peces, y varios estudios demuestran que miembros de numerosos taxones bacterianos **colonizan las superficies de los peces** (<https://doi.org/10.1177/0023677216678825>). La colonización bacteriana de las larvas de peces es un proceso dinámico influenciado por factores ambientales y relacionados con el hospedador. Se han realizado estudios detallados de la microbiota temprana de los peces en algunas especies cultivadas – como la dorada, el jurel cola amarilla, el bacalao del Atlántico, el salmón del Atlántico, el lenguado

Senegalés, la seriola y el mero gigante – **centrándose en la microbiota intestinal**

(<https://doi.org/10.1146/annurev-animal-062920-113114>), ya que es crucial para la absorción de nutrientes, la digestión y la salud general.

Inicialmente, las bacterias en las larvas pueden **originarse del pez madre**

([https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00702-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00702-5)), ya que la microbiota de los huevos influye en la microbiota larvaria y puede afectar su posterior desarrollo. Las larvas de peces beben agua de mar para osmorregularse y, al hacerlo, ingieren microorganismos presentes en el agua, por lo que la microbiota acuática influye en la microbiota de los peces incluso antes de que comiencen a alimentarse. En la cría de larvas de peces marinos, se utilizan organismos vivos como alimento, como rotíferos, artemias o copépodos. Las comunidades microbianas intestinales de las larvas de peces se ven afectadas por el tipo y la composición bacteriana de los **alimentos vivos** (<https://doi.org/10.1111/anu.12346>). Los organismos zooplanctónicos, las microalgas y otras larvas interactúan continuamente entre sí e influyen en la microbiota de las larvas.

Este artículo – **resumido** (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) de la **publicación original** (<https://doi.org/10.3390/microorganisms13030539>) (Paralika, V. and P. Makridis. 2025. Microbial Interactions in Rearing Systems for Marine Fish Larvae. *Microorganisms* 2025, 13(3), 539) – presenta una revisión de la literatura científica que analiza las interacciones entre la microbiota acuática, la microbiota de los alimentos vivos, el sistema inmunitario y la microbiota intestinal de las larvas de peces, y las comunidades microbianas de las biopelículas en sistemas de cría de larvas de peces marinos.



(<https://link.chtbl.com/aquapod>).

Para obtener información detallada sobre la revisión y el análisis de la literatura, consulte la publicación original.

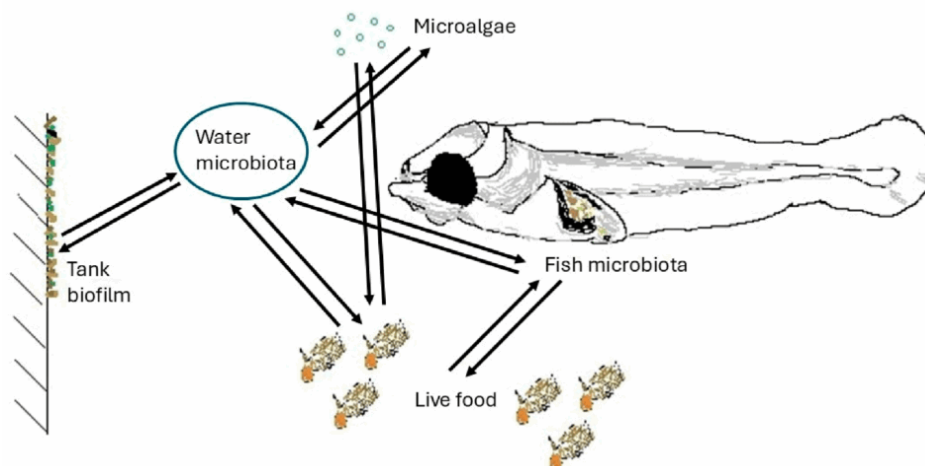


Fig. 1: Interacciones microbianas en un sistema de cría de larvas de peces marinos. Los organismos vivos que se alimentan se alimentan por filtración y, por lo tanto, se ven influenciados por la microbiota

acuática y viceversa. La microbiota acuática se ve influenciada por la microbiota de los peces, las microalgas añadidas al agua y las biopelículas del tanque, y viceversa. Las larvas de peces beben agua de mar y, por lo tanto, se ven influenciadas por la microbiota acuática y el alimento vivo ingerido.

Roles de la microbiota de las larvas de peces

La microbiota de las larvas de peces desempeña un papel crucial en el desarrollo y la salud de las larvas de peces marinos. Un aspecto importante es su contribución a la **absorción y digestión de nutrientes** (<https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117002>). La colonización bacteriana puede **mejorar el estado nutricional** (<https://doi.org/10.3390/microorganisms10010024>) de las larvas de peces. Los miembros de la microbiota de las larvas de peces son capaces de fermentar carbohidratos complejos en la dieta larvaria, produciendo ácidos grasos de cadena corta (SCFAs). Los SCFAs pueden servir como fuente adicional de energía para las larvas, contribuyendo a su estado nutricional general y reduciendo el pH intestinal, lo que crea un ambiente desfavorable para algunos patógenos potenciales y **protege a los peces de infecciones bacterianas** (<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417186-2.00010-8>).

Las larvas de peces marinos suelen consumir presas con exoesqueletos que contienen quitina (como artemias, copépodos y rotíferos). La quitina es un polisacárido complejo y los microbios intestinales pueden contribuir a su digestión. La quitina en la dieta **modifica la microbiota intestinal de los peces** (<https://doi.org/10.3390/ani13101633>), gracias a sus propiedades prebióticas, antibacterianas e inmunomoduladoras, y aumenta la riqueza bacteriana intestinal y la cantidad de bacterias beneficiosas que degradan la quitina. Además, los miembros de la microbiota larvaria pueden **sintetizar vitaminas** (<https://doi.org/10.1007/s00394-017-1445-8>), que son esenciales para su crecimiento y desarrollo.

La microbiota larvaria de peces ofrece protección contra patógenos mediante diversos mecanismos que ayudan a mantener una comunidad microbiana equilibrada y favorecen la salud y viabilidad general de las larvas en condiciones de cría. Las bacterias presentes en la piel y las mucosas intestinales de las larvas constituyen una primera línea de defensa contra los patógenos. Específicamente, estas bacterias compiten con los patógenos entrantes por los sitios de adhesión y los nutrientes disponibles, lo que reduce su colonización y proliferación y, por lo tanto, su **capacidad para causar enfermedades** (<https://doi.org/10.3390/ani12091211>). Algunos microbios producen **sustancias antimicrobianas** (<https://doi.org/10.1038/s41598-020-78441-9>), como las bacteriocinas, que son compuestos sintetizados por microorganismos para eliminar especies estrechamente relacionadas, o ácidos orgánicos producidos mediante la fermentación microbiana de carbohidratos de diversas especies bacterianas en diferentes vías y condiciones metabólicas, o como metabolitos secundarios que inhiben el crecimiento o eliminan patógenos marinos indeseados.

La diversidad microbiana intestinal se ha utilizado como **biomarcador** (<https://doi.org/10.24272/j.issn.2095-8137.2018.069>) de la salud y la capacidad metabólica de los peces. La baja diversidad y la inestabilidad de la microbiota están estrechamente relacionadas con las enfermedades de los peces, ya que las posibilidades de que un invasor establezca un nicho en un entorno de alta diversidad se reducen significativamente, y es más probable que en estos entornos

haya miembros de la comunidad con actividad antagónica. Además, numerosas perturbaciones, incluido el estrés ambiental, pueden causar enfermedades en los peces al alterar la microbiota intestinal y aumentar la virulencia del patógeno.

El control de infecciones bacterianas en sistemas de cría de larvas puede implicar el manejo de bacterias potencialmente dañinas, como *Vibrio* spp., en el agua de mar del sistema. El agua de mar sirve como medio común para las larvas, el alimento vivo, las microalgas y el entorno de cría (incluyendo sedimentos, paredes del tanque, tuberías, etc.), donde su dinámica microbiana interactúa con la de las larvas, el alimento vivo y las superficies ambientales.

Factores que influyen en la microbiota de las larvas de peces

Diversos factores son relevantes, incluyendo la selección del hospedador y la etapa de desarrollo, la dieta, la microbiota acuática y las biopelículas.

Selección del hospedador y etapa de desarrollo

La dinámica bacteriana asociada con las primeras etapas del desarrollo de las larvas de peces es compleja y se ve influenciada por diversos factores, incluyendo el entorno circundante, la influencia materna, la dieta y los cambios en el desarrollo de las larvas. A medida que las larvas de peces se desarrollan, su sistema digestivo e inmunitario cambia, lo que puede influir en la dinámica de las comunidades bacterianas asociadas al intestino. Durante el desarrollo, la morfología y la función intestinal cambian, lo que influye en los patrones de colonización bacteriana, incluyendo los tipos y la abundancia de bacterias. La diversidad bacteriana en las larvas de peces tiende a **aumentar gradualmente con la edad** (<https://doi.org/10.1146/annurev-animal-062920-113114>) hasta alcanzar su máximo al acercarse a la etapa juvenil.

Factores extrínsecos (dieta, calidad del agua, parámetros fisicoquímicos ambientales de cría, etc.) e intrínsecos (nivel trófico, antecedentes genéticos, género, edad, etc.) modulan la microbiota larvaria de los peces. Durante las primeras etapas del desarrollo larvario, la comunidad microbiana intestinal se genera mediante **la selección específica de la especie** (<https://doi.org/10.1038/s41564-019-0560-0>). La presencia de una microbiota esencial en las especies de peces criadas en diferentes ambientes o en diferentes condiciones dietéticas y series temporales indica que la selección del hospedador es un factor importante que afecta la composición microbiana.



Colonización microbiana en las primeras etapas de desarrollo del camarón tigre negro

La colonización microbiana durante el desarrollo de *P. monodon* podría estar determinada por diferentes etapas de desarrollo del hospedador, dietas, fisiologías y estados inmunitarios.



Global Seafood Alliance

Dieta

Las larvas de peces se alimentan de diversos organismos zooplanctónicos en estado silvestre, principalmente copépodos. En los sistemas de acuicultura marina, el protocolo convencional de alimentación y cría consiste en zooplancton. La producción de alimento vivo altamente nutritivo es uno de los aspectos más críticos para el éxito de la cría larvaria, ya que influye no solo en su crecimiento, sino también en el desarrollo de deformidades y malpigmentación, así como en la salud general y, por consiguiente, en la supervivencia. Dado que el tracto gastrointestinal es una de las **principales vías de entrada para varios patógenos** (<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.04.047>), es crucial evaluar el impacto de las comunidades microbianas de la dieta en la microbiota intestinal de los peces. Dado que la producción de alimento vivo en los criaderos de larvas se ha intensificado, la propagación de enfermedades se ha convertido en una seria preocupación. Es bien sabido que, en los cultivos larvarios, **los alimentos vivos pueden transmitir** (<https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00204>), bacterias oportunistas y presuntamente patógenas.

Microbiota del agua

Junto con la microbiota del alimento vivo y las microalgas, la microbiota del agua configura el perfil microbiano de las larvas criadas. Microbiológicamente, la calidad del agua no es fácil de definir, ya que se caracteriza tanto por la cantidad como por la calidad de las comunidades microbianas presentes. Tradicionalmente, se ha prestado atención al **aspecto cuantitativo**

(<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2021.102176>), y la reducción continua de la carga bacteriana es el enfoque principal en los criaderos de peces marinos. Sin embargo, las **características cualitativas** (<https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02730>) de la microbiota del agua son más importantes, aunque difíciles de evaluar, salvo por la presencia o ausencia de patógenos bien conocidos.

Una teoría que puede utilizarse para definir la calidad microbiana del agua se basa en la estrategia r/K; las bacterias se clasifican en dos grupos funcionales: bacterias seleccionadas por r y por K, respectivamente. Las bacterias con **estrategia K** (https://doi.org/10.1007/978-1-4757-0611-6_3) crecen más lentamente, se encuentran en zonas densas con mayor competencia por los recursos y tienden a crear comunidades más estables. Los microorganismos que siguen la **estrategia r** (<https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01820>) se encuentran en el espectro opuesto de estas condiciones, y los patógenos oportunistas suelen seguir este modo. Este enfoque se ha aplicado para evaluar y controlar los entornos microbianos en la cría de larvas, y parece que las especies oportunistas son las principales responsables de las interacciones parásito-microbio. Resulta ventajoso establecer una comunidad microbiana estable en el sistema de cría **dominado por bacterias con estrategia K** (<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.05.052>), mientras que las bacterias con estrategia oportunista se beneficiarán del uso de agentes antimicrobianos y la desinfección, lo que creará nuevos nichos.

Biopelículas

Tras la primera exposición de una superficie sólida al agua de mar, la materia orgánica disuelta se adhiere a ella y crea una película delgada (<100 nanómetros), conocida como “incrustación molecular”, en cuestión de segundos. **Múltiples factores influyen** (<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115138>) la composición y estructura de las comunidades microbianas de las biopelículas, como las diferencias en el nicho, los cambios en la calidad del agua, la disponibilidad de nutrientes inorgánicos y materia orgánica para los organismos, la profundidad del agua y la edad de la biopelícula, las propiedades de la superficie del sustrato y la temperatura. La colonización de superficies sólidas y la formación de biopelículas resultan **ventajosas para algunas bacterias** (<https://doi.org/10.1201/9781003184942>), ya que las biopelículas resisten la desecación, mejoran la resistencia a los antibióticos, presentan una mayor concentración de nutrientes y ofrecen una mejor defensa contra los depredadores.

En los sistemas de cría acuícola, las biopelículas bacterianas pueden albergar **bacterias patógenas oportunistas** (<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736592>) y servir como reservorio para los microbios que colonizan la columna de agua, lo que podría convertirlas en una fuente constante de infección bacteriana para las especies en cultivo. Las bacterias dentro de la biopelícula son **útiles** (https://doi.org/10.1007/978-981-16-3215-0_23) para reciclar nutrientes y eliminar los no deseados del sistema, reducir el nitrógeno inorgánico tóxico a través de la nitrificación y bacterias heterotróficas, y mejorar el crecimiento y la supervivencia de peces y camarones.

Métodos utilizados para analizar la microbiota de larvas de peces

El estudio de las comunidades microbianas en peces puede basarse en métodos dependientes o independientes del cultivo. Los métodos dependientes del cultivo permiten la identificación bacteriana a nivel de especie y una de sus principales implicaciones es que los métodos dependientes del cultivo pueden validar los hallazgos de los enfoques independientes del cultivo, confirmando la presencia de

microorganismos específicos y proporcionando aislados para estudios posteriores, como el aislamiento e identificación de bacterias que se han caracterizado como **potencialmente probióticas** (<https://doi.org/10.1186/s12866-018-1260-2>).

Los estudios sobre la microbiota de larvas de peces se centran en explicar los procesos fundamentales de su funcionamiento, con el objetivo de desarrollar enfoques innovadores para la gestión de las poblaciones microbianas. Esto requiere la identificación y caracterización de las comunidades microbianas de todos los componentes de los sistemas de cultivo. Las enormes cantidades de microbios presentes en estos sistemas solo podrían detectarse mediante nuevas herramientas moleculares, conocidas como métodos independientes del cultivo, que implican la extracción directa de ADN o ARN de una muestra sin necesidad de cultivo microbiano (Tabla 1).

Makridis, Interacciones microbianas, Tabla 1

Show

6

 entries

Search

Método	Características del método
Métodos basados en Cultivos (Microbiología clásica)	Muchas bacterias no son cultivables. La identificación basada en la morfología celular o en pruebas fisiológicas requiere mucho tiempo y esfuerzo, y a menudo resulta imposible identificar aislados a nivel de especie.
Pruebas Bioquímicas	Las bacterias pueden presentar reacciones variables o débiles, lo que puede llevar a una identificación errónea. Resulta difícil distinguir especies estrechamente relacionadas con perfiles metabólicos similares.
Identificación basada en PCR (Secuenciación del ARNr 16S, PCR multiplex)	Las secuencias de ARNr 16S podrían no diferenciar especies estrechamente relacionadas. Los inhibidores de PCR de muestras ambientales pueden afectar los resultados. Requiere cebadores específicos, que podrían no cubrir todos los taxones bacterianos.
Metagenómica y Secuenciación Shotgun	Alto costo y requiere experiencia en bioinformática.La secuenciación de lecturas cortas puede provocar errores de ensamblaje. La contaminación puede inducir a errores en la clasificación taxonómica.
Citometría de Flujo e Hibridación in situ con Fluorescencia (FISH)	Requiere sondas específicas para bacterias conocidas. Es menos eficaz para detectar taxones raros o desconocidos. Requiere mucha mano de obra y equipo costoso.

Showing 1 to 5 of 5 entries

Previous

1

Next

Tabla 1: Métodos para el estudio de los microbiomas de peces y sus características.

La secuenciación de nueva generación (**NGS** (<https://doi.org/10.1002/9781118897263.ch5>)) se introdujo a principios del siglo XXI. La NGS ha experimentado un gran avance al permitir la creación rápida y rentable de grandes volúmenes de datos, con una precisión superior en la secuenciación de ADN en comparación con los métodos anteriores. Actualmente, todos los enfoques de NGS requieren la preparación de bibliotecas. Se utilizan ampliamente para perfilar comunidades microbianas en muestras ambientales, incluidas larvas de peces, y para estudiar la diversidad microbiana, la estructura de la comunidad y el potencial funcional. Además, proporcionan una visión completa de la diversidad

microbiana, incluyendo microorganismos raros y no cultivables. Los enfoques de NGS permiten el análisis de alto rendimiento de comunidades microbianas, lo que permite el **perfilado simultáneo de múltiples muestras** (<https://doi.org/10.3390/biology12070997>).

Perspectivas

El estudio de las interacciones microbianas en los sistemas de cría larvaria se ha centrado en los factores que influyen en la microbiota larvaria, las posibles estrategias para aumentar el equilibrio microbiano en dichos sistemas y el uso de probióticos en la cría larvaria para mejorar su supervivencia y crecimiento. Anteriormente, estos enfoques y su efecto sobre la microbiota del agua, los peces y el alimento vivo se monitorizaban mediante la microbiología clásica, un proceso muy laborioso y altamente ineficiente. Ahora, con el uso de técnicas moleculares, será más fácil obtener respuestas más claras a estas mismas preguntas. Además, con la aparición de nuevos organismos que sirven de alimento vivo, como las larvas de cirrípedos o los copépodos, de fácil acceso, el efecto sobre la microbiota de las larvas de peces se evaluará con mucha mayor fiabilidad.

Author



DR. PAVLOS MAKRIDIS

Corresponding author
Department of Biology, University of Patras, 26504 Rio, Greece

makridis@upatras.gr (<mailto:makridis@upatras.gr>).

Copyright © 2025 Global Seafood Alliance

All rights reserved.