

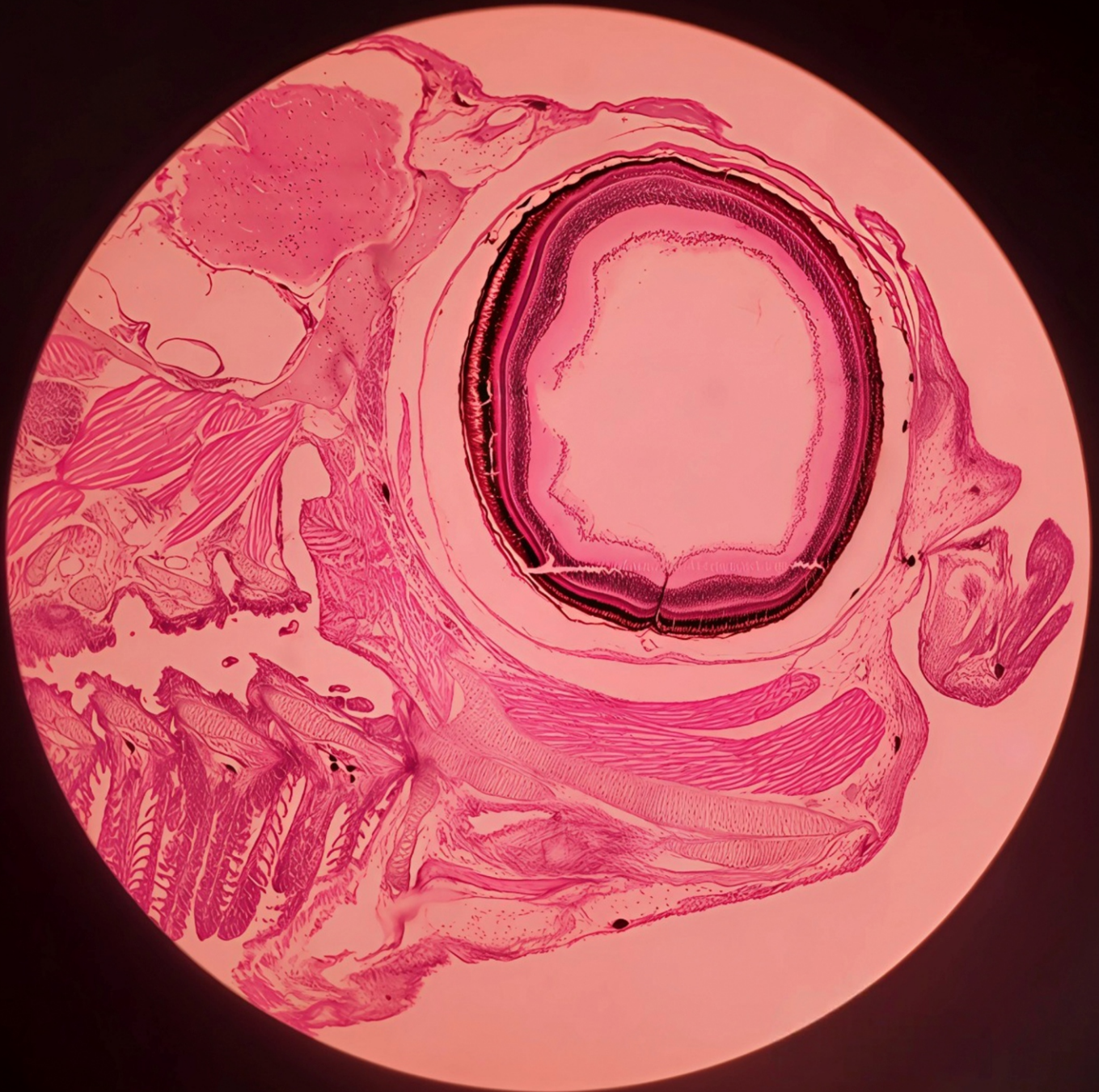
Revista Ciencias del Mar UAS



Julio - Septiembre 2025

Núm. 4 Vol.2

U N I V E R S I D A D A U T Ó N O M A D E S I N A L O A



ISSN (en trámite)



latindex



CREATIVE COMMONS



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Revisión Científica

Probióticos en la acuicultura

Probiotics in Aquaculture



1. Itzelt Lopez-Lopez

Maestría en Ciencias en Recursos Acuáticos, Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ciencias del Mar, Paseo Claussen s/n C.P. 82040, Mazatlán, Sinaloa.

Autor de correspondencia: lopezitzelt4@gmail.com



2. Yecenia Gutiérrez-Rubio

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Paseo Claussen s/n, Mazatlán, Sinaloa, C.P. 82040. México

Recibido 24 de junio 2025

Aceptado 19 de septiembre 2025



Probióticos en la acuicultura

Probiotics in Aquaculture

► RESUMEN

La acuicultura es un sector que ha adquirido gran relevancia con el tiempo. De hecho, ha superado a la pesca como principal productora de organismos acuáticos, convirtiéndose así en una actividad de crucial importancia social y económica. Sin embargo, a pesar de los grandes beneficios que nos ofrece, la intensificación de la producción de este sector ha enfrentado desafíos como el incremento de las enfermedades, siendo este uno de los principales problemas que enfrenta la acuicultura. Frente a este escenario, los antibióticos son uno de los tratamientos principales para atender y prevenir las enfermedades. No obstante, el mal manejo y uso excesivo de estos compuestos ha ocasionado algunos problemas como la resistencia bacteriana, riesgos para la salud humana y la contaminación de los cuerpos de aguas receptoras de los desechos de esta actividad. Debido a la respuesta negativa que se ha tenido de estos fármacos, se ha optado por buscar alternativas que a diferencia de los antibióticos sean amigables con el cultivo y con el ambiente, como el uso de los probióticos. La implementación de estos en la acuicultura ha demostrado beneficios y ha funcionado como una alternativa más ecológica de los antibióticos para combatir las enfermedades.

Palabras claves: Antibióticos, impacto ambiental, enfermedades, resistencia bacteriana.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► ABSTRACT

Aquaculture is a sector that has gained great relevance over time, even surpassing fisheries to become the main producer of aquatic organisms. As a result, it has also become an important social and economic activity. However, despite the many benefits it offers, the intensification of production in this sector has faced several challenges, with the increase in diseases being one of the main problems affecting aquaculture. Antibiotics have traditionally been considered one of the primary treatments for preventing and controlling diseases. Nevertheless, the improper management and excessive use of these antibacterial compounds have led to several issues, including bacterial resistance, risks to human health, and pollution of water bodies receiving waste from this activity. Due to the negative outcomes associated with these drugs, alternative solutions have been sought—ones that, unlike antibiotics, are more compatible with both aquaculture systems and the environment, such as the use of probiotics. The implementation of probiotics in aquaculture has shown notable benefits and has proven to be a more ecological alternative to antibiotics in combating disease.

Keywords: Antibiotics, environmental impact, diseases, bacterial resistance.

► INTRODUCCIÓN

La acuicultura es la técnica que consiste en la crianza o cultivo de organismos acuáticos. La crianza de estos organismos no es una actividad actual que haya surgido de la nada, es una actividad que se ha ido desarrollando con los años, con el paso del tiempo ha tomado importancia de tal manera que se ha convertido en una fuente importante de alimento y de sustento para las comunidades costeras y ribereñas (Álvarez–Narváez, 2023).

En México, la historia de la acuicultura se remonta a tiempos prehispánicos, cuando los peces eran cultivados con intensiones ornamentales y espirituales y se sembraban en los ríos y lagos. Los pueblos indígenas ya practicaban esta actividad de forma rudimentaria.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Por ejemplo, los mayas construían piscinas y canales para criar peces y camarones, mientras que los aztecas, cultivaban algas y criaban peces y tortugas, principalmente en los canales de Xochimilco (Villalobos-Fernández, 2019).

La acuicultura, tanto marina como continental, es uno de los sectores de producción animal de mayor desarrollo en las últimas décadas, de tal manera que ha ido experimentando un crecimiento exponencial. Las nuevas tecnologías que se han aplicado a este sector han permitido aumentar la producción a través de las diferentes especies cultivadas. Ante esto podemos decir que lo que se consume hoy en día proviene de la acuicultura, principalmente frente al descenso drástico de la pesca y a la alta demanda de algunas especies (Sorroza, 2009).

Actualmente, la acuicultura es una actividad económica importante en México, con una gran variedad de especies cultivadas, entre las que destacan el camarón (*Penaeus spp.*), tilapia (*Oreochromis spp.*), ostión (*Crassostrea spp.*) y trucha (*Oncorhynchus spp.*), entre otros. Siendo considerada la acuicultura como uno de los sectores de producción de alimentos de mayor desarrollo en las últimas décadas (SADER, 2023). En 2022 la acuicultura superó a la pesca de captura. Alcanzando el 51% de la producción total, dejando a esta actividad como el principal productor de organismos acuáticos (FAO, 2024).

Desafíos en la acuicultura

El crecimiento acelerado en la producción de esta actividad no solo ha generado grandes beneficios, también ha traído consigo pérdidas económicas significativas. Este sector cada vez está más industrializado y cuenta con sistemas de cultivos intensivos, lo que provoca mayores riesgos de brotes de enfermedades virales y bacterianas, por mencionar algunas, y con ello, se hace necesaria la utilización cada vez mayor de diferentes tratamientos de tipo biológicos o químicos para contrarrestar los efectos de patógenos en los organismos cultivados (Mong et al., 2020).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Uno de los principales problemas que enfrenta la acuicultura es el incremento de las enfermedades que se han propagado muy rápidamente, lo que muchas veces ha limitado a los productores ocasionando graves pérdidas (Gao et al., 2016). Los productores, sobre todo de camarón, se preocupan más por las bacterias del género *Vibrio*, porque causan enfermedades en los organismos cultivados, estas bacterias se encuentran en el agua y descomponen la quitina, el cual es una sustancia que forma el caparazón de los camarones y de otros crustáceos (Espinosa y Bermúdez, 2012).

Muchas de estas bacterias son inofensivas, porque no tienen las toxinas que puedan enfermar a estos animales y puede ser debido a la falta de ciertos genes, solo unas pocas y de tipos específicos son las que causan enfermedades en camarones y peces, como *Vibrio alginolyticus*, *V. campbellii* y *V. parahaemolyticus*. Algunas bacterias de vibrios siempre causan enfermedades y otras solo cuando se encuentran en condiciones específicas (Espinosa y Bermúdez, 2012; Zhang et al., 2021).

Por ejemplo, en los cultivos de camarón, es difícil mantener un control sobre las enfermedades que afectan a estos organismos. Uno de los tratamientos más comunes y fáciles de utilizar para solucionar las enfermedades en la acuicultura es el uso de antibióticos, sin embargo hoy en día se sabe que estos tienen sus limitantes, en algunos casos pueden causar efectos negativos en los organismos en cultivo, provocar bacterias resistentes, dejar residuos en el ambiente y afectar la salud del consumidor (Varela-Mejías y Alfaro-Mora, 2018).

Los probióticos

Los probióticos se utilizan comúnmente como aditivos en los alimentos para ayudar al crecimiento de los organismos. Con la intensificación de la acuicultura, los dueños de las granjas han optado por utilizar métodos preventivos, como la mezcla de probióticos con alimento, para ayudar a mantener la calidad de agua y con ello poder tener una buena alimentación (Lulijwa et al., 2020). Estos compuestos son de origen microbiano y ayudan a eliminar o inhibir el crecimiento de otros microorganismos. Los probióticos son fabricados en laboratorios comerciales y existen muchos tipos de ellos, funcionan de diferente



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

manera y pueden presentar varios efectos positivos, pero en ocasiones implican también riesgos (Robles- Jiménez et al., 2025). En los organismos en cultivo, estos tratamientos se usan para curar o evitar las enfermedades y, en ocasiones, también las utilizan para ayudar a que el organismo crezca más rápido. Sin embargo, cuando se emplean inadecuadamente los organismos terminan no absorbiendo de manera adecuada, estos medicamentos pueden terminar contaminando el agua y el suelo (Yuan et al., 2023; Zeng et al., 2025).

En México, los antibióticos permitidos en la acuicultura según el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2004) son los que se presentan en la tabla 1. A pesar de que estos antibióticos están permitidos para la acuicultura, si se comprueba por estudios o informes que estos fármacos afectan al ambiente y a la salud pública por normas internacionales, su uso podría ser limitado o prohibido, por eso es necesario establecer medidas de prevención en la utilización frecuente de estos antibióticos en esta actividad acuícola.

Antibiótico	Dosis (mg/kg en biomasa)	Tratamiento (días)
Oxitetraciclina	120-240	7-12
Sarafloxacin	10-15	7-12
Enrofloxacin	10-15	7-12
Florfenicol *	50-80	7-12
Fosfomicina *	50-80	7-12
Monensina	200-400	7-10
Salinomycin	120-300	7-10
Semduramicin	50-150	7-10

*Dosis sujeta a modificación

Tabla 1. Antibióticos utilizados para el control y prevención de enfermedades en camarones cultivados.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



8 Impacto del uso de los antibióticos

De los efectos que genera el uso de estos compuestos antibacterianos es que las bacterias tienden a volverse resistentes. El uso de estos fármacos ayuda a la selección de bacterias resistentes y a la propagación de genes de resistencia (Yuan et al., 2023; Hossain et al., 2022).

La resistencia al uso de los antibióticos es una amenaza en la acuicultura. Esta resistencia puede ser transferida a bacterias que son importantes para el ambiente y por ende ocasionar afectaciones al ecosistema (Santos Solís, 2023). Además, pone en riesgo la salud humana, ya que afecta los organismos que consumimos (Larsson y Flach, 2022).

Otro de los problemas generados por el uso de los antibióticos es la presencia de residuos en los organismos, por ejemplo, la presencia de estos en los tejidos del camarón puede ocasionar afectaciones en la flora intestinal del consumidor, por lo que aumenta el riesgo de contraalergia e intoxicación. Es por esto que es de suma importancia no exceder los límites establecidos para su uso (Chen et al., 2023).

Aunado a esto los antibióticos no se descomponen, lo que provoca que persistan en el ambiente acuático (Martínez y González, 2024). Al aplicar los antibióticos, no siempre son digeridos en su totalidad y caen directamente al agua, otros no son absorbidos y terminan en las heces o en la orina, los cuales son almacenados en el sedimento y es peligroso para el ambiente y la salud humana (Calizaya et al., 2023).

Factores a considerar del uso de los antibióticos

Los antibióticos no deben ser utilizados para prevenir las enfermedades, ya que ocasionan resistencia bacteriana, afectando la eficiencia de estos fármacos. La aplicación de medicamentos químicos debe utilizarse siempre bajo los protocolos de control establecidos y de preferencia utilizarse como último recurso. Es recomendable considerar las buenas prácticas de manejo en la acuicultura, para evitar la entrada de agentes patógenos a los sistemas de cultivos y así reducir su uso (FAO, 2021).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Uso de probióticos

Por lo anterior el sector acuícola se ha obligado a implementar estrategias que puedan ser más amigables con el medio ambiente, mejorando los cultivos y el control de algunas patologías que puedan afectar a los organismos. Tal es el caso de los probióticos que han surgido como una alternativa más ecológica, al uso de los antibióticos (Pérez Chabela et al., 2020; Álvarez-Narváez, 2023).

La palabra probiótico proviene del griego, “pro” (a favor) y “bióticos” (vida). El término probiótico se utilizó originalmente para describir la estimulación del crecimiento de otros organismos. Sin embargo, con el paso del tiempo se ha ido modificando su significado (Casco, 2014). Por ejemplo, hoy en día este término se puede utilizar para describir algún organismo o sustancia que ayuda a mantener el equilibrio de la microbiota intestinal de los individuos (Álvarez-Narváez, 2023).

Los probióticos pueden ser bacterias “buenas”, hongos, levaduras o microalgas que al incluirlos en las dietas de los organismos en cultivo, puedan favorecer las condiciones fisiológicas, manteniendo el equilibrio de las bacterias en el intestino y controlando las bacterias que puedan dañar al organismo, estimulando el sistema inmune, de crecimiento, reduciendo a la tasa de mortalidad y funcionando como complemento nutricional (Bravo y Millanao, 2013; Pineda, 2016).

Beneficios del uso de probióticos

La implementación de los probióticos en la acuicultura ha traído grandes beneficios que se han documentado a través del tiempo, como el aumento de la supervivencia, la mejora de la calidad del agua y la reducción de contaminantes (Peñalosa, 2020). Los probióticos también se han utilizado como mediadores para controlar las enfermedades, impidiendo el crecimiento de bacterias dañinas para el cultivo (Lopez y Cruz, 2011).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Calidad de agua

La contaminación de los cuerpos de agua hoy en día es una realidad, esto puede ser ocasionado por el alimento no ingerido o por las heces y orina de los organismos. Algunos estudios han resaltado la importancia de la implementación de probióticos que ayudan a limpiar el agua, transformando la materia orgánica en CO₂ y regulando sustancias tóxicas como el amonio y nitritos. Algunos de los tipos de bacterias nitrificantes son: *Bacillus*, *Phenibacillus*, *Nitrobacter*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Cellulomonas* y *Rhodopseudomonas* (Antony y Philip, 2006; Zhou et al., 2010).

Control de enfermedades

El uso de probióticos se ha utilizado también para la prevención de las enfermedades con la finalidad de generar alteraciones biológicas en los organismos, ya que generan resistencia a enfermedades, provocadas por la mala calidad del agua y estrés causado por la alteración de la misma. Los probióticos excluyen de manera competitiva por los nutrientes a los agentes patógenos. Se ha demostrado que la manipulación de las comunidades bacterianas influye en la nutrición y salud de los organismos reduciendo la presencia de enfermedades (Sorroza, 2012; Mosquera et al., 2015).

Disminución de la tasa de mortalidad

Al reducir el estrés de los organismos mejorando la calidad de agua, estos centran su energía en el crecimiento y no combatiendo las enfermedades, incrementando su tasa de supervivencia (Mosquera et al., 2015).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



► CONCLUSIÓN

En la acuicultura, los antibióticos se han utilizado ampliamente para la prevención y control de enfermedades. Sin embargo, a medida que este sector crece, también aumentan los problemas sobre las afectaciones que pueda ocasionar. A pesar de que existen normas que regulen el uso de los antibióticos, la implementación de su uso en la acuicultura carece de un control adecuado. Estos son incorporados en el alimento el cual termina dispersándose en el agua y termina no siendo consumido en su totalidad, llegando directamente al medio ambiente, afectando a los microorganismos que se encuentran ahí, provocando que algunas bacterias se vuelvan resistentes incluso si no son "malas". En conclusión, podemos decir que el uso indiscriminado de estos compuestos representa una amenaza, comprometiendo la salud pública y el equilibrio ambiental. Es por ello que es importante buscar alternativas más seguras y sostenibles como la implementación de los probióticos. Distintos estudios han puesto en evidencia que la aplicación de estos en la acuicultura no solo ayuda a que los organismos crezcan más sanos, una mejor supervivencia, también mejora la calidad de agua, lo que permite tener cultivos más sostenibles.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► LITERATURA CITADA

- Álvarez-Narváez, D. J. (2023).** El estado del arte de los probióticos en la acuicultura. *Acta pesquera* 9 (18): 43-55
<https://doi.org/10.60113/ap.v9i18.127>
- Calizaya, C. D., Reátegui, E. H., Silva, J. C., Velazco, R., Rodríguez, L., Angulo, D. R., Llontop, C. A., Salcedo, L. A., & Villena, C. A. (2023).** Resistencia antimicrobiana en los principales recursos acuícolas de los departamentos de Tumbes, Piura, San Martín y Puno. *Uniciencia*, 37(1), 562–577.
<https://doi.org/10.15359/ru.37-1.30>.
- Chen, Q., et al. (2023).** The effect of residual antibiotics in food on intestinal microbiota. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, 1163885. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1163885>
- Espinosa Plascencia, A., & Bermúdez Almada, M. D. (2012).** La acuicultura y su impacto al medio ambiente. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, (2) , 2 2 1 - 2 3 2 .
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41724972010>
- Gao, X., Wang, Z., Liu, Y., Zhang, Y., Wang, H., & Xu, L. (2016).** Passive immune-protection of *Litopenaeus vannamei* against *Vibrio harveyi* and *Vibrio parahaemolyticus* infections with anti-*Vibrio* egg yolk (IgY)-encapsulated feed. *International Journal of Molecular Sciences*, 17 (5) , 7 2 3 .
<https://doi.org/10.3390/ijms17050723>
- Hossain, A., Habibullah-Al-Mamun, M., Nagano, I., Masunaga, S., Kitazawa, D., & Matsuda, H. (2022).** Antibiotics, antibiotic-resistant bacteria, and resistance genes in aquaculture: Risks, current concern, and future thinking. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 11054–11075.
<https://doi.org/10.1007/s11356-021-17859-5>
- Larsson, D. G. J., & Flach, C.-F. (2022).** Antibiotic resistance in the environment. *Nature Reviews Microbiology*, 20(5), 257–269.
<https://doi.org/10.1038/s41579-021-00649-x>

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Lulijwa, R., Rupia, E. J., & Alfaro, A. (2020). Antibiotic use in aquaculture, policies and regulation, and associated human health risks: A review. *Reviews in Aquaculture*, 12(2), 262–282. <https://doi.org/10.1007/s10499-024-01614-0>

Martinez- Cordova, L.R., Martinez Porchas, M., & Cortés-Jacinto, E. (2010). Camaronicultura Mexica y mundial: ¿Actividad sustentable o industria contaminante? *Revista Internaciona de Contaminacion Ambiental*, 25(3), 181-196. <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/21582>

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2004, 26 de enero). *Acuerdo que establece el uso de antibióticos permitidos en la acuicultura en México: norma PESC-006-EM-04* [PDF]. *Diario Oficial de la Federación*. <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/pesc/pesc006em-04.pdf>

Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (2023) *Acuicultura: crianza y producción de peces* <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/acuicultura-crianza-y-produccion-de-peces?idiom=es>

Robles-Jimenez, L. E., Ghavipanje, N., Ángeles Hernandez, J. C., & Gonzalez-Ronquillo, M. (2025). Recent developments in antibiotic contamination of animal products, soil, and water worldwide – a review. *Annals of Animal Science*, 25(1), 83–102. <https://doi.org/10.2478/aoas-2024-0047>

Ruelas, L., Esquivel López, G., & Villada Canela, M. (2021). Uso y disposición del agua en la acuicultura: ¿falta o exceso de regulación? *Teoría Y Praxis*, 1(29), 26–46. <https://doi.org/10.22403/typ.v1i29.8>

Santos, L., & Ramos, F. (2018). *Resistencia a los antimicrobianos en la acuicultura: traslado de genes resistentes y consecuencias ambientales*. *International Journal of Antimicrobial Agents* https://aquaculture.ec.europa.eu/es/knowledge-base/publicaciones-cientificas/resistencia- los-antimicrobianos-en-la-acuicultura?utm_source=chatgpt.com



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Informe FAO: Estado mundial de la pesca y la acuicultura (2002).

<https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/y3018s>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Informe FAO: El papel de la Acuicultura en el desarrollo sostenible (2007).

www.fao.org/newsroom/es/news/2007/1000701/index.html.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Informe FAO: El estado mundial de la pesca y la acuicultura (2010).

<https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i1820s>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, informe FAO: *El uso de antimicrobianos en la acuicultura en América Latina: desafíos y perspectivas futuras 2021* (Informe FAO de Pesca y Acuicultura, N.o 1338).

<https://doi.org/10.4060/cb3565es>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Informe FAO: Versión resumida de El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul (2022) <https://doi.org/10.4060/cc0463es>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Informe FAO: La producción pesquera y acuícola mundial alcanza un nivel sin precedentes. (2024).

Newsroom; FAO. <https://www.fao.org/newsroom/detail/fao-report-global-fisheries-and-aquaculture-production-reaches-a-new-record-high/es>

Pérez Chabela, M. L., Álvarez Cisneros, Y. M., Pérez-Hernández, M. A., & Soriano Santos, J. (2020). *Los probióticos y sus metabolitos en la acuicultura: una revisión*. *Hidrobiológica*, 30(1). <https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2020v30n1/Perez>



- Tavakol, M., Arjmandi, R., Shayeghi, M., Monavari, SM y Karbassi, A. (2017). Determinación de la frecuencia de muestreo mediante análisis multivariante para el monitoreo de la contaminación causada por granjas de trucha. *Revista Polaca de Estudios Ambientales*, 26, 337-346. DOI: [10.15244/pjoes/64377](https://doi.org/10.15244/pjoes/64377)
- Tucker, C., & Hargreaves, J. (2012). Ponds. En: Tidwell James, H. *Aquaculture production Systems*. Estados Unidos: WileyBlackwell. <https://doi.org/10.1111/jwas.13094>
- Varela-Mejías, A., & Alfaro-Mora, R. (2018). *Revisión sobre aspectos farmacológicos a considerar para el uso de antibióticos en la camaronicultura*. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 29(1), 1–14. DOI: <https://doi.org/10.15381/rivep.v29i1.14186>
- Villalobos Fernández, C. E. (2019). *Desarrollo histórico de la cultura y pesca prehispánica sinaloense* [PDF]. *Sapientiae*, 5(1), 58–86. <https://doi.org/10.37293/sapientiae51.04>
- Yuan, X., Lv, Z., Zhang, Z., Han, Y., Liu, Z., & Zhang, H. (2023). A review of antibiotics, antibiotic resistant bacteria, and resistance genes in aquaculture: Occurrence, contamination, and transmission. *Toxics*, 11(5), 420. <https://doi.org/10.3390/toxics11050420>
- Zeng, Y., Feng, R., Huang, C., Liu, J., & Yang, F. (2025). Antibiotic resistance genes in agricultural soils: A comprehensive review of the hidden crisis and exploring control strategies. *Toxics*, 13(4), 239. <https://doi.org/10.3390/toxics13040239>
- Zhang, N., Ma, X., Wang, Q., Yang, H., & Zhou, Y. (2021). Roles of *rpoN* in biofilm formation of *Vibrio alginolyticus* HN08155 at different cell densities. *Microbiological Research*, 247, 126728. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2021.126728>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original