

## Uso potencial de *Rhodococcus* sp. (Zopf, 1891) en la acuicultura.

Ponce-Granillo CV, Monroy-Dosta MC\*, Becerril-Cortés D, Castro-Mejía J, Ocampo-Cervantes JA.

Universidad Autónoma Metropolitana- Unidad Xochimilco. Depto. El Hombre y su Ambiente. Laboratorio de Producción de Alimento Vivo para la Acuicultura. Calzada del Hueso. No 1100. Col. Villa Quietud, Ciudad de México, 04960, Del. Coyoacán, Tel: 5483 3194, Fax: 54837469.

\* Email responsable: [mmonroy@correo.xoc.uam.mx](mailto:mmonroy@correo.xoc.uam.mx)

### RESUMEN

La producción acuícola ha mostrado un fuerte crecimiento convirtiéndose en una importante industria proveedora de alimentos de alto valor nutricional y generadora de empleos e ingresos. Sin embargo, a pesar de que se ha observado un avance en el desarrollo de esta actividad, existen obstáculos que limitan considerablemente el éxito productivo, tal es el caso de las enfermedades infecciosas, la generación de desechos contaminantes y el uso de químicos y antibióticos de forma indiscriminada que ha producido resistencia en las principales enfermedades bacterianas de peces y crustáceos en cultivo. Por lo que hoy en día existe un gran interés por la obtención de cepas bacterianas probióticas, las cuales pueden ayudar a minimizar los procesos infecciosos mediante la exclusión de patógenos. Asimismo participan de forma directa en la respuesta inmunológica del hospedero lo que los hace resistentes a las variaciones ambientales. También se ha reconocido que muchas cepas bacterianas tienen la capacidad de mejorar la calidad del agua de cultivo de organismos acuáticos. Por lo que la búsqueda de cepas con potencial probiótico, xenobiótico y alimenticio sigue siendo prioridad en acuicultura. Dado que en los últimos años uno de los microorganismos que se ha aislado de peces, agua y sedimento en los sistemas de cultivo acuícola es la bacteria *Rhodococcus* sp, consideramos pertinente hacer un análisis de su posible aprovechamiento en el cultivo de peces y crustáceos, tomando en cuenta su capacidad de degradación de compuestos contaminantes, su habilidad de exclusión competitiva y la producción de pigmentos carotenoides, lo que puede mejorar la supervivencia, crecimiento, resistencia a enfermedades y la coloración de las especies cultivadas haciéndolas más atractivas al consumidor sin la necesidad de utilizar compuestos químicos o antibióticos tan dañinos en la producción acuícola.

**Palabras clave:** Acuicultura, bacterias, probióticos,

*Rhodococcus* sp.

### ABSTRACT

Aquaculture production has shown a great growth becoming an important food provider industry with high nutritional values and generating jobs and incomes. However, there are obstacles that limit considerably the productive success, such is the case of infection diseases, contaminant wastes generation and indiscriminate use of chemicals and antibiotics which has produced bacterial resistance in the principal diseases in cultured fishes and crustaceans. That is why today it exist great interest to obtain probiotic bacterial strains, which can help to minimize the infection process by pathogen exclusion. Likewise they were directly involved in host immunologic response, which it made them resistant to environmental variations. Also it was recognized that some bacteria have capacity to improve culture water quality of aquatic organisms. So the search of strains with probiotic potential, xenobiotic and nutritional, remains as aquaculture priority. One of this strains which was isolated last few years, from fishes, water and sediment in ponds aquaculture was *Rhodococcus* sp. bacteria, so we consider necessary to make an analysis of their possible use in fish and crustacean culture, taking into consideration their degradation contaminant compounds capacity, their ability to competitive exclusion and carotenoids pigment production, which can improve better survival, growth, diseases resistance and coloring cultured, making them more attractive to consumer, without need for use chemicals and antibiotics which were harmful to aquaculture production.

**Key words:** Aquaculture, bacteria, probiotics, *Rhodococcus* sp.

*Rhodococcus* sp. en acuicultura.

Ponce-Granillo CV,\* Monroy-Dosta MC, Becerril-Cortés D, Castro-Mejía J, Ocampo-Cervantes JA.

## INTRODUCCIÓN

El género *Rhodococcus* es un grupo de bacterias que pertenece a los actinomicetos, aerobios, Gram-positivos e inmóviles. Se encuentran ampliamente distribuidos en el medio ambiente, de manera particular en suelos, reservorios de agua, ríos, lagos y otros ambientes acuáticos (Sánchez et al. 2004), incluso se han aislado en lugares extremos como los desiertos o la Antártida (Fernández 2013). Debido a su alta capacidad de degradar diversos compuestos son candidatos ideales para su utilización en bioprocesos, tanto en aplicaciones industriales como ambientales (Sánchez et al. 2004).

Estudios como el de Aráiz (2003), comprobó la capacidad de *Rhodococcus* sp. para remover compuestos organosulfurados en el diésel proveniente de una hidrodesulfuración profunda con un bajo contenido de azufre y compuestos altamente recalitrantes. Mientras que López et al. (2006) hacen referencia a su gran diversidad metabólica capaz de transformar, biodegradar y utilizar como única fuente de carbono compuestos hidrófobos, además de acumular metales pesados por lo que su uso para bioremediación es de gran relevancia. Los estudios antes citados, nos hacen cuestionarnos si *Rhodococcus* sp. pueden utilizarse y aplicarse en otras áreas como es el caso de la acuicultura, esto debido a que investigaciones recientes han identificado que esta bacteria forma parte de la microbiota de peces y crustáceos, como lo señala Dagmar (2012), quien reportó que *Rhodococcus* sp. forma parte de la microbiota intestinal benéfica del salmón.

Asimismo Boutín et al. (2013), obtuvieron resultados positivos para el control de la bacteria patógena *Flavobacterium psychrophilum* al utilizar una cepa de *Rhodococcus* sp. en el cultivo de *Salvelinus fontinalise*. Esto es muy relevante ya que en los últimos años se ha aprovechado el uso de diversos microorganismos como probióticos y que al sido utilizados para mejorar la asimilación de nutrientes, incrementar la respuesta inmune y resistir a las enfermedades, aspectos de suma importancia en la producción acuícola (Monroy et al. 2012). En este género bacteriano también se ha reportado la

producción de diversos pigmentos como la astaxantina y cantaxantina, compuestos altamente utilizados como aditivos alimenticios (Ingle de la Mora, 2006). En la acuicultura, los pigmentos también han sido aprovechados para incrementar la coloración de los peces y se han obtenido de forma sintética a partir del cultivo de diversas microalgas (Lorenz y Cysewski 2000). Sin embargo, sus costos de comercialización son muy altos por lo que existe la necesidad de alternativas económicas para la obtención de colorantes naturales que puedan ser aprovechados en la producción acuícola. Por todo lo anterior, el uso de *Rhodococcus* sp. en la acuicultura se muestra promisorio aunque se requieren todas las investigaciones pertinentes que lo avalen. Por lo que este trabajo tiene como objetivo dar un panorama general de las características del género *Rhodococcus* sp. y los posibles efectos benéficos de su uso en la acuicultura.

## EL GÉNERO *Rhodococcus*

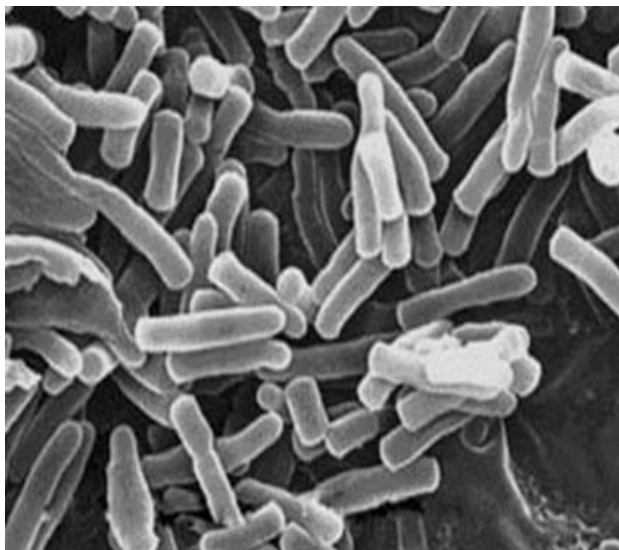
El género *Rhodococcus* pertenece al grupo de los actinomicetos nocardioformes y el subgrupo de bacterias que contienen ácidos micólicos en su pared celular. El género fue definido por Tsukamura (1974) donde integró a seis especies: *R. aurantiacus*, *R. bronchialis*, *R. rhodochrous*, *R. roseus*, *R. rubropertinctus* y *R. terrae*. Posteriormente Goodfellow y Anderson (1977) incluyeron tres especies más: *R. coprophilus*, *R. corallinus*, *R. equi*.

En años recientes gracias a la biología molecular se han incluido cuatro especies más y seguramente este grupo se ira redefiniendo. En cuanto su forma, éste género se caracteriza por agrupar bacterias de forma bacilar, las cuales pueden llegar a formar filamento vegetativo ramificado, septado y que se fragmenta en formas bacilares y coccoidales (Pavia et al. 2005). Son bacterias Gram-positivas (pueden presentar gran variabilidad), parcialmente alcohol-ácido-resistentes y aeróbicas. Son no motiles, crecen bien a temperaturas de 30 a 37°C y crecen en la mayoría de los medios comunes de uso en el laboratorio. Se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza, tanto en el suelo como en todos los ambientes acuáticos. Algunas cepas

### *Rhodococcus* sp. en acuicultura.

Ponce-Granillo CV,\* Monroy-Dosta MC, Becerril-Cortés D, Castro-Mejía J, Ocampo-Cervantes JA.

pueden ser patógenos del hombre y los animales, pero son raras ya que solo actúan de forma oportunista y en organismos inmunodeprimidos, el más importante de ellos es *R. equi* (Rabagliati et al. 2005) (Fig.1).



**Fig. 1: El género *Rhodococcus* sp.**

## **IMPORTANCIA DE *Rhodococcus* sp. EN BIOREMEDIACIÓN**

El manejo inadecuado de los materiales y residuos peligrosos ha generado a escala mundial, un problema de contaminación de suelo, aire y agua. Las prácticas de biorremediación consisten en el uso de plantas, hongos, bacterias naturales o modificadas genéticamente para neutralizar sustancias tóxicas, transformándolas en sustancias menos tóxicas o convirtiéndolas en inocuas para el ambiente y los seres vivos (Schmidt 2000). Las bacterias son las más empleadas en este proceso, aunque también se han empleado otros microorganismos como hongos, algas y cianobacterias. En el caso del género *Rhodococcus* sp. tiene un alto potencial ya que presenta una amplia diversidad metabólica, sobre todo a los compuestos hidrófobos, como los hidrocarburos clorados, compuestos fenólicos,

esteroides, lignina, carbón y petróleo (Finnerty 1992).

En México, investigadores del Instituto Mexicano del Petróleo han aislado cepas de *Rhodococcus* sp. de sitios contaminados con petróleo capaces de desulfurar muestras de diésel, por lo que se están desarrollando numerosas estrategias del uso de estos microorganismos con el objetivo de paliar los efectos de los vertidos de petróleo, y acelerar el proceso de recuperación de los ambientes dañados (Barrios y Escobar 2011). Otro aspecto relevante es que esta bacteria puede en condiciones aerobias y anaerobias transformar los compuestos nitrogenados contaminantes del suelo y agua, mejorando la calidad ambiental. Considerando que los compuestos nitrogenados son un factor de riesgo en el cultivo de organismos acuáticos debido a que los peces y crustáceos son sensibles al incremento de dichos compuestos, el uso de bacterias que transforman los compuestos nitrogenados son fundamentales para la optimización de la acuicultura. Sánchez et al. (2004) señalan que el metabolismo de algunos microorganismos, entre ellos *Rhodococcus* sp. puede transformar los nitrilos en sus correspondientes amidas y ácidos por medio de enzimas nitrilasas.

## ***Rhodococcus* sp. COMO PROBIÓTICO**

Las bacterias probióticas se definen como microorganismos vivos que administrados como suplemento en la dieta pueden causar modificaciones en la microbiota asociada al tracto gastrointestinal del hospedador y generar efectos benéficos como el incremento en la conversión alimentaria, en la resistencia a enfermedades y de la calidad del agua (Balcázar 2006). Durante la última década, su aplicación en el cultivo de peces y crustáceos se ha hecho frecuente ya que han surgido varios productos comerciales ideados para este fin (Villami et al. 2010). Al mismo tiempo diversas investigaciones se han encaminado a la obtención de probióticos endógenos con la idea de obtener cepas específicas y mejorar los beneficios que se han tenido con los probióticos comerciales, debido a ello muchos estudios se han enfocado a la caracterización de la

### *Rhodococcus* sp. en acuicultura.

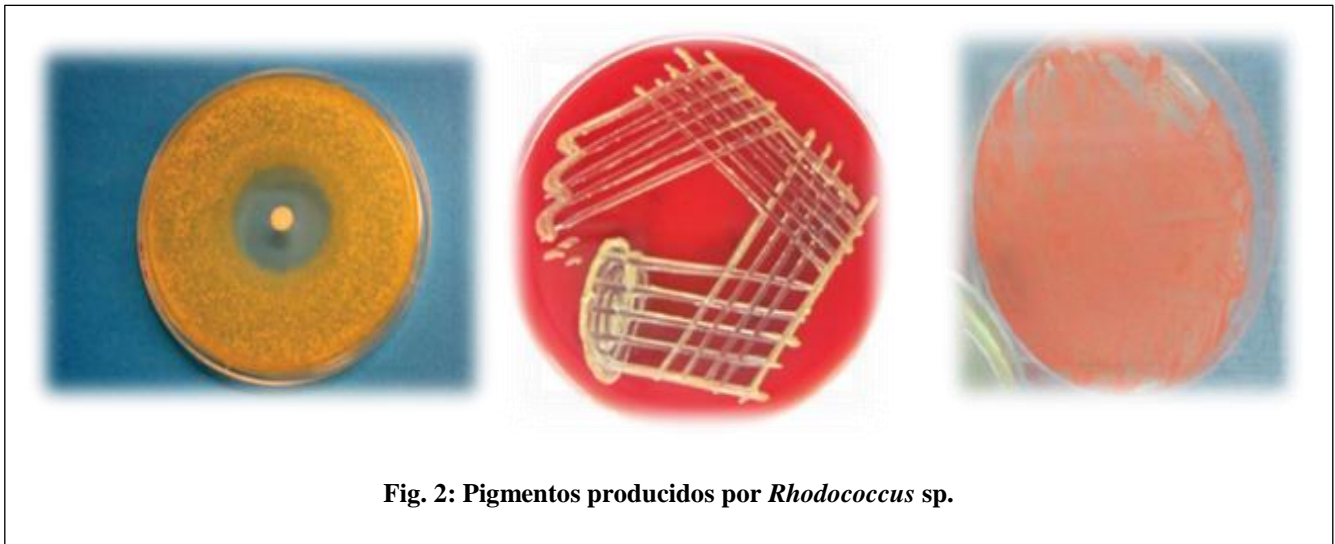
Ponce-Granillo CV,\* Monroy-Dosta MC, Becerril-Cortés D, Castro-Mejía J, Ocampo-Cervantes JA.

microbiota intestinal de organismos acuáticos lo que ha permitido establecer los grupos bacterianos más representativo entre las diversas especies cultivadas (Monroy et al. 2012).

Anteriormente se consideraba que para organismos acuáticos la microbiota intestinal estaba conformada por bacterias comunes del ambiente acuático principalmente de los géneros *Aeromonas*, *Vibrios* y *Pseudomonas*; sin embargo, los estudios han permitido reconocer una gran diversidad bacteriana en la microbiota intestinal entre las diversas especies acuáticas estudiadas, tal es el caso de *Rhodococcus* sp. que en estudios recientes se ha reportado como parte de la microbiota benéfica de los peces. Dagmar (2012), informó que *Rhodococcus* sp. forma parte de la microbiota intestinal del Salmon. Por su parte Hassan et al. (2010), identificaron la microbiota intestinal de varias especies de agua dulce en estanques donde establecieron que la presencia de *Rhodococcus* sp. es frecuente en los peces, el sedimento y el agua de cultivo. Asimismo, Boutín *et al.* (2013), obtuvieron resultados positivos para el control de la bacteria patógena *Flavobacterium psychrophilum* al utilizar una cepa de *Rhodococcus* sp. en el cultivo de *Salvelinus fontinalise*.

## PRODUCCIÓN DE PIGMENTOS POR *Rhodococcus* sp.

Los carotenoides son pigmentos liposolubles, extraídos de las plantas, microalgas, zooplancton, hongos y bacterias, estos pigmentos son responsables de la gran diversidad de colores apreciados en la naturaleza y se asocian a las diversas tonalidades de amarillo, naranja y rojo. Los animales no son capaces de producirlos y deben obtenerlos de su alimento (Ako et al. 2001). Se utilizan como aditivos en los alimentos, en la industria farmacéutica y cosméticos. También se usan debido a su actividad pro-vitamina A, para fortalecer el sistema inmunológico y reducen enfermedades degenerativas (Valduga et al. 2010). La producción comercial de carotenoides es realizada de forma sintética, pero debido a las preocupaciones sobre el uso de aditivos químicos en los alimentos, ha habido un creciente interés en carotenoides obtenidos de forma natural mediante procesos biotecnológicos, como es el caso del uso de microorganismos, En ese sentido el género *Rhodococcus* tiene gran importancia ya que cuando crece en medios nutritivos sus colonias presentan formas mucoides, lisas o rugosas y pigmentadas de color crema, rojo, o anaranjado, indicando la presencia de compuestos carotenoides (Fig. 2).



**Fig. 2: Pigmentos producidos por *Rhodococcus* sp.**

### *Rhodococcus* sp. en acuicultura.

Ponce-Granillo CV,\* Monroy-Dosta MC, Becerril-Cortés D, Castro-Mejía J, Ocampo-Cervantes JA.

En lo que respecta al cultivo de peces, un criterio fundamental de aceptación es el impacto visual dado por la coloración rojo-rosado, rojo-anaranjado de la carne, ya que los consumidores tienen preferencias por los productos de coloración naranja como el de los salmónidos. Así mismo en los peces de ornato la pigmentación en la piel, junto con la forma del cuerpo y de las aletas forman los criterios de calidad más importantes en el mercado. Los peces como otros animales son incapaces de sintetizar carotenoides y dependen del suplemento de pigmentos en la dieta (Gouveia 2003). Varios carotenoides sintéticos cantaxantina, zeaxantina y astaxantina han sido utilizados como aditivos en la dieta de peces y crustáceos (Kalinowski et al. 2005). Pero debido a que la adquisición comercial de estos pigmentos es costosa, el uso de microorganismos como *Rhodococcus* sp. puede contribuir a la obtención de pigmentos naturales de forma más económica.

Debido a lo anterior, el potencial de género *Rhodococcus* sp. en acuicultura es alentador, ya que puede ser aprovechado como probiótico, ya que es una bacteria que forma parte de la microbiota benéfica de algunos peces, además de que ha podido demostrarse su capacidad de exclusión competitiva frente a *Flavobacterium psychrophilum*. Por otra parte su capacidad metabólica y xenobiótica puede mejorar la calidad del agua de los organismos acuáticos cultivados y al mismo tiempo mejorar la coloración de las especies debido a la producción de pigmentos naturales. Es importante mencionar que la selección de cepas de *Rhodococcus* sp. es fundamental ya que existen algunas cepas que pueden ser patógenas oportunistas para el ser humano como es el caso de *R. equi*, que si bien no se ha reportado en organismos acuáticos habría que hacer los estudios pertinentes para asegurar su uso y aplicación en acuicultura.

## BIBLIOGRAFIA

- Ako H, Tamaru CS, Brown C, Bailey R, Cole B. (2001). A Manual for Commercial Production of the Swordtail, *Xiphophorus helleri*. Honolulu: University of Hawaii Sea Grant Extension Services: 3-16.
- Arais GM. (2003). Evaluación de la actividad desulfuradora de la cepa *Rhodococcus globerulus* en diferentes sustratos. Revista Chilena de Infectología 22(2): 155-160.
- Balcázar I, Blas I, Ruiz-Zarzuela I, Cunningham D, Vendrell D. (2006). The Role of the Probiotics in Aquaculture. Veterinary Microbiology 114(3): 173-186.
- Barrios GO, Escobar BV. (2011). Natural-Fiber-Reinforced Composite Treated with Polyamines Used as a Support for the Biodegradation and Adsorption of Toluene. Industrial & Engineering Chemistry Research 50(12): 7572-7578.
- Boutin S, Audet C, Derome N. (2013). Probiotic treatment by indigenous bacteria decreases mortality without disturbing the natural microbiota of *Salvelinus fontinalis*. Canadian Journal of Microbiology 59: 1-9.
- Dagmar WB. (2012). Caracterización bacteriana de intestino de Salmón del atlántico adulto. Tesis de Licenciatura. Bioquímica, Universidad Austral de Chile. 82 p.
- Goodfellow M, Anderson G. (1977). The actinomycete-genus *Rhodococcus*: a home for the *Rhodochrous complex*. Journal of General Microbiology 100: 99-122.
- Gouveia L, Rema P, Pereira O, Empis J. (2003). Colouring ornamental fish (*Cyprinus carpio* and *Carassius auratus*) with microalgal biomass. Aquaculture Nutrition 9(3), 123-129.
- Fernández HL. (2013). Estudio genético y bioquímico de la ruta de degradación del colesterol en *Rhodococcus* spp. Universidad Complutense de Madrid. Tesis de doctorado: 136p.
- Finnerty WR. (1994). Biosurfactants in environmental biotechnology. Curr. Op. Biotechnol. 5: 291-295
- Hassan, IE, Viola, HZ, Abdallah ME, Dinna AE. (2010). Studies on the effects of bacterial diseases on skin and gill structure of *Clarias gariepinus* in Dakahlia Province, Egypt. Annals of Biological Research 1 (4): 106-118.
- Ingle de la Mora G. (2006). Comparison of red chilli (*Capsicum annum*) oleoresin and astaxanthin on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet pigmentation. Aquaculture 258: 487-495.
- Kalinowski TLE, Robaina H, Fernandez-Palacio, S Schuschardt D, Izquierdo MS. 2005. Effect of different carotenoid sources and their dietary levels

### *Rhodococcus* sp. en acuicultura.

Ponce-Granillo CV,\* Monroy-Dosta MC, Becerril-Cortés D, Castro-Mejía J, Ocampo-Cervantes JA.

- on red porgy (*Pagrus pagrus*) growth and skin colour. *Aquaculture* 244: 223-231.
- López JB, Quintero G, Guevara AL, Jaimes DC, Gutiérrez SM, García JM. (2006). Bioremediación de suelos contaminados con hidrocarburos derivados del petróleo. *Revista Nova- Publicación científica* 4(5): 5-6.
- Lorenz RT, Cysewski GR. (2000). Commercial potential for *Haematococcus* microalgae as a natural source of astaxanthin. *Trends Biotechnol* 18: 160-167.
- Monroy DMC, Castro BT, Fernández PF, Mayorga RL, Herrera GH y Cortés SS. (2012). Bacteria with Probiotic Capabilities Isolated from the Digestive Tract of the Ornamental Fish *Pterophyllum scalare*. Capítulo 10. pp. 231-246. En: *Probiotics in animals*. INTECH. Croacia. DOI: 10.5772/3319 <http://www.intechopen.com/books/bookstat/probiotic-in-animals>.
- Pavía P, Calderon C, Puerta C. (2005). Diferenciación de especies de *Rhodococcus* mediante una prueba de PCR-RFLP basada en los genes codificantes para la subunidad 16S ribosomal. *Revista Nova- Publicación científica* 3(4): 14-15.
- Rabagliati B, Morales S, Baudrand AB, Jorquera RA, Oddó BJ, García CD, Carmona PP, Cisternas MC, Huete GÁ. (2005). Neumonía cavitada por *Rhodococcus equi* en paciente inmunocomprometido no infectado por virus de inmunodeficiencia humana: Caso clínico y revisión. *Revista chilena de infectología* 22(2): 155-160.
- Sánchez N, Sandoval AH, Díaz CF, Serrano JA. (2004). El género *Rhodococcus*. Una revisión didáctica. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología* 24: 1-2.
- Schmidt W. (2000). Suelos contaminados con hidrocarburos: la biorremediación como una solución ecológicamente compatible. *Cooperación Técnica Alemana (GTZ)*. En: [www.gtz.org.mx/sitios-contam/articulos/biorremed\\_Mex2.pdf](http://www.gtz.org.mx/sitios-contam/articulos/biorremed_Mex2.pdf)
- Valduga E, Valerio A, Tatsch PO, Treichel, H, Furigo A, Luccio, MD. (2009). Assessment of Cell Disruption and carotenoids extraction from *Sporidiobolus salmonicolor* (CBS 2636). *Food. Bioproc. Technol.* 2:234-238.
- Villamil L, Figueras A, Planas M, Novoa B (2010). *Pediococcus acidilactici* in the culture of turbot (*Psetta maxima*) larvae: Administration pathways. *Aquaculture* 307:83–88.

---

### *Rhodococcus* sp. en acuicultura.

Ponce-Granillo CV,\* Monroy-Dosta MC, Becerril-Cortés D, Castro-Mejía J, Ocampo-Cervantes JA.