



# Revolución Nano: El Impacto de la Nanotecnología en la Industria Acuícola Mexicana

Martin López Cisneros<sup>a</sup>, Brenda J. Acosta Ruelas<sup>b\*</sup>, Elena Smolentseva<sup>c</sup>, Eusebio Nava Perez<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Guasave. Av. Universidad S/N Fracc. Villa Universidad, C.P. 81048. Guasave, Sinaloa, México.

<sup>b</sup> Investigadora por México SeCiHTI, Coordinación para la Innovación y Aplicación de la Ciencia y la Tecnología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Av. Sierra Leona #550-2<sup>a</sup>, Lomas de San Luis, 78210 San Luis Potosí, S.L.P., México.

<sup>c</sup> Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Nanociencias y Nanotecnología, Km. 107 Carretera Tijuana a Ensenada, C.P. 22860, Ensenada, Baja California, México

<sup>d</sup> Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Sinaloa, Blvd. Juan de Dios Bátiz Paredes 250. Col. San Joachin CP 81100, Guasave, Sinaloa, México.

\* [brenda.acosta@uaslp.mx](mailto:brenda.acosta@uaslp.mx)

Recibido 17 de marzo de 2025, Aceptado 15 de abril de 2025

## Resumen

Este artículo ofrece una breve visión general del impacto de la nanotecnología en una actividad económica clave: la acuicultura, con un enfoque en su relevancia socioeconómica en México, donde este sector desempeña un papel vital en la generación de empleo—particularmente en regiones marginadas—y contribuye de manera significativa al producto interno bruto nacional. Se llevó a cabo un estudio de caso en condiciones reales en las instalaciones de Acuicultura Monte Vela, donde se evaluó la aplicación de nanopartículas de plata sintetizadas con extracto de ajo (Ag@Ajo) en condiciones de cultivo realistas. El estudio analizó la eficacia de estas nanopartículas para mejorar la supervivencia del camarón *Litopenaeus vannamei* infectado con *Vibrio parahaemolyticus*, el patógeno responsable de la enfermedad de la necrosis hepatopancreática aguda (AHPND). Los resultados demostraron que las nanopartículas Ag@Ajo inhibieron sustancialmente la actividad bacteriana, aumentando la supervivencia de los camarones más de 3.5 veces durante la fase crítica de la enfermedad y elevando el rendimiento de 1.6 a 5.8 camarones por metro cuadrado. Además, se observaron tasas de supervivencia mejoradas incluso en comparación con poblaciones de camarón no afectadas por AHPND. Estos hallazgos destacan el potencial de la nanotecnología para impulsar la innovación y el desarrollo sostenible en la acuicultura mexicana.

**Palabras clave:** Acuicultura, Nanotecnología, México, Innovación, Sostenibilidad.

## Abstract

This article provides a brief overview of the impact of nanotechnology on a key economic activity: aquaculture, with a focus on its socioeconomic relevance in Mexico, where the sector plays a vital role in job creation - particularly in marginalized regions - and contributes significantly to the national gross domestic product. A real-life case study conducted at the Monte Vela Aquaculture facility evaluated the application of silver nanoparticles synthesized using garlic extract (Ag@Ajo) under realistic farming conditions. The study assessed the effectiveness of these nanoparticles in improving the survival of *Litopenaeus vannamei* shrimp infected with *Vibrio parahaemolyticus*, the pathogen responsible for acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND). Results demonstrated that the Ag@Ajo nanoparticles substantially inhibited bacterial activity, increasing shrimp survival by more than 3.5 times during the disease's critical phase and enhancing yield from 1.6 to 5.8 shrimp per square meter. Furthermore, improved survival rates were observed even when compared to shrimp populations not affected by AHPND. The findings underscore the potential of nanotechnology to drive innovation and sustainable development in Mexican aquaculture.

**Keywords:** Aquaculture, Nanotechnology, Mexico, Innovation, Sustainability.

## 1. Introducción

La presencia y el uso del prefijo “nano” en varias connotaciones de las actividades y productos con los que interactuamos diariamente ha crecido exponencialmente en los últimos años. Lo anterior, se asocia con los avances científicos y tecnológicos en el campo de las nanociencias y la nanotecnología, con el fin mayor de mejorar la calidad de vida de las personas. Las nanociencias se centran en el estudio de los materiales y fenómenos en la escala nanométrica, es decir, en una

milmillonésima parte de un metro. Es justamente la disminución en el tamaño de los materiales lo que deriva en cambios en sus propiedades físicas, químicas y biológicas. La nanotecnología se enfoca en el uso del conocimiento generado por las nanociencias aplicado en dispositivos o productos para resolver problemas específicos o mejorar procesos [1]. Un ejemplo representativo es el uso de nanovehículos para la liberación selectiva de medicamentos. Así, sectores

económicos estratégicos, como la agricultura y acuicultura, visualizan incorporar soluciones nanotecnológicas para optimizar la eficiencia de sus sistemas productivos, impulsar la sostenibilidad y promover una transformación tecnológica con un impacto significativo en el desarrollo del sector [2].

La acuicultura se refiere a la cría y cultivo de especies acuáticas, tanto animales como vegetales, en ambientes controlados. Es una actividad que combina técnicas científicas y conocimientos prácticos para producir alimentos de alto valor nutritivo y contribuir al desarrollo económico y social del país. En México se cultivan especies como camarón, tilapia, trucha, ostión, langostino y carpa, principalmente, destinadas a exportación. La versatilidad del cultivo les permite desarrollarse tanto en agua dulce como salada, mediante métodos intensivos, semiintensivos, extensivos e hiperintensivos. Esta industria beneficia a comunidades rurales al proveer empleos que, según cifras oficiales, supera los 40,000 puestos directos e indirectos; además de contribuir a la seguridad alimentaria de la región. Por otro lado, la acuicultura en México ha mantenido un crecimiento anual promedio del 9% durante las últimas dos décadas, consolidándose como un sector clave para el desarrollo económico de diversas regiones del país [3].

Entre los hallazgos en nanociencias documentados en la literatura científica a nivel mundial, se ha desarrollado el uso de nanopartículas con propiedades antimicrobianas para alimentos acuícolas, lo que ayuda a prevenir enfermedades y a reducir el uso de antibióticos [4]. Por su parte, el desarrollo de nanotecnología ha resultado en: 1) nanosensores para el monitoreo en tiempo real de la calidad del agua (niveles de oxigenación, temperatura, pH, partículas disueltas, etc.); y, 2) nanofiltros, que coadyuvan en la purificación del agua promoviendo un uso más sostenible de este recurso. Solo estas nanotecnologías, ponen en evidencia la relevancia e impacto de compaginar las nanociencias y nanotecnologías con los sectores económicos primarios, como la acuicultura. En consecuencia, la innovación será clave para cualquier país con este sector económico en desarrollo. Innegablemente, el desarrollo de las nanociencias y nanotecnologías marca un parteaguas en la revolución tecnológica emergente para el sector acuícola, a mediano y largo plazo, impulsando su sostenibilidad y su eficiencia [4-6].

Tanto en México como en varios países costeros del mundo, la industria acuícola no solo respalda la seguridad alimentaria de la región, sino que además juega un papel determinante en la economía. Por esto, las investigaciones actuales deben enfocarse a la evaluación de la nanotecnología en condiciones reales de operación de las acuícolas, para que su implementación avance de su etapa incipiente. Así, la integración de nanociencias y nanotecnología podría ofrecer soluciones a los principales desafíos que enfrenta este sector primario, como el control de enfermedades y la mejora de la calidad del agua [3,7].

Este artículo muestra un ejemplo real del uso de la nanotecnología para tratar especies en el riesgo de enfermedades. El estudio se realizó en una granja

acuícola ubicada en la región costera del estado de Sinaloa.

### Acuícola Monte Vela

En la región noroeste de México, específicamente en el estado costero de Sinaloa, nace Acuícola Monte Vela, empresa 100% mexicana, enfocada en la producción de camarón, para su venta en la región y su exportación. La empresa, fundada en 1994, ha mostrado una constante evolución en el desarrollo de métodos para mejorar la producción del camarón. Esta empresa se encuentra localizada en el predio Coreepe, municipio de Guasave Sinaloa, México. La unidad acuícola se compone de 100 hectáreas de estanques, los cuales se llenan mediante bombeo con agua salada del Mar de Cortes. Actualmente, cuenta con 10 empleados contratados a tiempo completo. Acuícola Monte Vela, con más de 20 años de experiencia en la producción de camarón, dispone de un equipo multidisciplinario con amplia experiencia tanto en el proceso productivo como en la logística de comercialización, lo que permite enfrentar con solidez los retos del sector (Figura 1). Como parte de sus metas de expansión, la empresa ha incorporado el desarrollo de tecnologías sustentables que fomenten una producción eficiente y a gran escala de productos de alta calidad, con el objetivo de consolidarse en el mercado nacional y proyectarse hacia el ámbito internacional.



Figura 1. Un día en Acuícola Monte Vela. (Fuente de imagen: elaboración propia).

La clara determinación y compromiso de la Acuícola Monte Vela en contribuir con el desarrollo tanto científico como tecnológico del país, se ve reflejado en su misión y visión. La misión de la empresa es satisfacer la demanda de la industria alimentaria a nivel regional y nacional mediante la producción de *Litopenaeus vannamei* (camarón blanco) de alta calidad, utilizando tecnologías amigables con el medio ambiente. Su visión es consolidarse como una empresa líder en la producción intensiva de camarón blanco, con alta calidad genética y sanitaria, a través del desarrollo continuo de tecnología sustentable. Claramente, la empresa se enfoca en cubrir la demanda del producto a nivel local y nacional, además de prestar asistencia técnica, capacitación e investigación aplicada en el sector acuícola.

Así, sin perder de vista su objetivo principal de producir camarón blanco de alta calidad genética y sanitaria, la empresa se suma al desarrollo e innovación de tecnologías sustentables para lograr una producción

eficiente. En este caso, el esfuerzo se enfoca en evaluar el efecto de la nanotecnología dentro su proceso productivo.

El objetivo de este estudio es analizar el uso de nanopartículas de Ag para incrementar el porcentaje de supervivencia del camarón bajo condiciones reales de infección bacteriana por *Vibrio parahaemolyticus* causante de la necrosis hepatopancreática aguda (AHPND), usando uno de los estanques de Acuicola Monte Vela.

## 2. Parte experimental

### 2.1 Síntesis de nanopartículas de Ag

Las nanopartículas coloidales de plata fueron preparadas por síntesis verde asistida por extracto de *Allium sativum* (Ajo) como agente de reductor. El extracto de ajo se obtuvo mediante extracción metanólica sólido-líquido. Después, una mezcla de los reactivos nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ , 0.01 M) y extracto de ajo en proporción 10:100, se agitó durante 1 h a 30°C [8]. Posteriormente, las nanopartículas obtenidas fueron recuperadas por centrifugación y lavadas con  $\text{H}_2\text{O}$  varias veces. La muestra es etiquetada como Ag@Ajo.

### 2.2 Caracterización de las nanopartículas de Ag@Ajo

Las propiedades ópticas y morfológicas de las nanopartículas coloidales de Ag fueron caracterizadas por espectroscopía de UV-vis y microscopía electrónica de transmisión (TEM). El espectro de UV-vis del coloide de las nanopartículas de Ag@Ajo se colectó con el espectrofotómetro i3, Hanon Instruments, utilizando una celda óptica de 1  $\text{cm}^2$ . Las imágenes de STEM se obtuvieron utilizando un microscopio electrónico JEM-140, marca JEOL, acoplado con un detector de EDS. Para esto, unas gotas del coloide dispersado en isopropanol fueron colocadas en una rejilla de cobre recubierta con carbón (200 mesh). Se consideraron más de 100 partículas para el análisis de distribución de tamaños.

### 2.3 Evaluación *in vitro*

El efecto antimicrobiano de las nanopartículas de Ag@Ajo se evaluó utilizando el método de difusión en disco. Para ello, se utilizó agar Tiosulfato-Citrato-Bilis-Sacarosa (TCBS), un medio de cultivo selectivo diseñado para el aislamiento y crecimiento de *Vibrio parahaemolyticus*, la bacteria causante de la necrosis hepatopancreática aguda (AHPND) de camarón *Litopenaeus vannamei* [9]. Los medios inoculados se dejaron incubando por 24 h a 35°C. Los experimentos se repitieron por triplicado.

### 2.4 Estudios de supervivencia del camarón

Los estudios para validar el efecto de las nanopartículas de Ag@Ajo se enfocaron a monitorear la supervivencia del camarón ante la AHPND producida por la bacteria *Vibrio parahaemolyticus*. Las nanopartículas Ag@Ajo fueron impregnadas en el alimento del camarón, a razón de 100 mL de coloide por 25 kg de alimento (Figura 2).



**Figura 2.** Preparación del alimento para el camarón con adición de nanopartículas Ag@Ajo. (Fuente de imagen: elaboración propia).

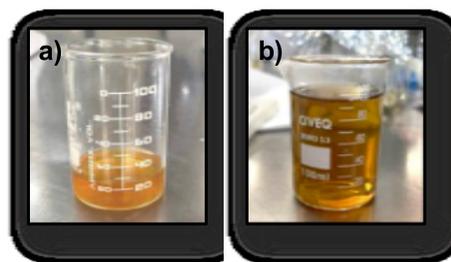
El tratamiento se suministró en función del peso del camarón (1 g de peso requiere 1 kg de alimento por hectárea), administrándose dos veces al día durante 7 días en un estanque de 1 hectárea (10,000  $\text{m}^2$ ) de la Acuicola Monte Vela, bajo condiciones tradicionales de operación. La supervivencia se estimó en base a la ecuación 1.

$$\%Sup = \frac{CCF(g)}{ICC(g) \times H(\text{m}^2) \times C_i(1/\text{m}^2)} \times 100 \quad (1)$$

Donde  $CCF$ , es el peso total de camarón cosechado;  $ICC$ , es el peso promedio de un ejemplar de camarón cosechado;  $H$  es la superficie cosechada;  $C_i$ , es el número de camarones sembrados por  $\text{m}^2$ .

## 3. Resultados y discusión

### 3.1 Caracterización de las nanopartículas de Ag@Ajo



**Figura 3.** a). Extracto metanólico de *allium sativum*. b) Coloide formado a partir de reacción entre la solución de extracto de ajo y el precursor de plata. (Fuente de imagen: elaboración propia).

En la Figura 3 se muestran las fotografías tanto del extracto de ajo (a) como del coloide de las nanopartículas Ag@Ajo (b) formado a partir de reacción entre la solución de extracto de ajo y el precursor de plata. Se ha reportado que el coloide de Ag sintetizado mediante el

método de Turkevich, presenta una coloración con tonalidades grises [10]. Por ello, el notable oscurecimiento de la solución de extracto de ajo constituye una evidencia de la reducción química del precursor de Ag bajo las condiciones utilizadas. Sin embargo, esta observación debe complementarse con la confirmación espectroscópica mediante la aparición del plasmón característico de la Ag metálica en el espectro UV-vis.

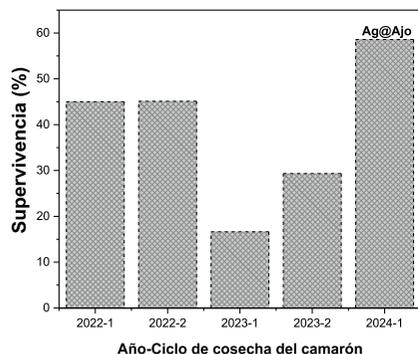


Figura 4. Espectro de UV-vis de las nanopartículas de Ag@Ajo sintetizadas con extracto de *Allium Sativum*

El espectro UV-vis obtenido para el coloide de las nanopartículas Ag@Ajo se presenta en la Figura 4. Se observa una banda amplia centrada en 350 nm correspondiente al plasmón de resonancia superficial característico de la plata metálica [8, 11]. Es bien conocido que la posición y forma de la banda del plasmón, se correlacionan con la presencia de diferentes especies químicas de Ag (iones o clústeres), con los efectos del medio circundante a las nanopartículas metálicas de Ag, así como el tamaño de dichas nanopartículas [11]. Comúnmente, el plasmón de las nanopartículas esféricas de Ag, dispersadas en agua y con tamaño del orden de 20 nm, se centra en 420 nm [11]. Es importante resaltar que la presencia de iones de Ag produce una señal característica por debajo de los 300 nm. Por otro lado, la interacción de la superficie metálica con el medio circundante puede provocar un corrimiento hacia el rojo en la banda del plasmón, reflejando cambios en el entorno local de las nanopartículas. Así, la banda de plasmón observada para las nanopartículas de Ag sintetizadas mediante el método de síntesis verde evidencia la reducción completa del precursor metálico, así como la presencia de nanopartículas con una amplia distribución de tamaños, que pueden variarse aproximadamente entre 5 y 20 nm.

Una imagen típica de las nanopartículas metálicas de Ag@Ajo, acompañadas de su histograma de distribución de tamaños, se muestra en la Figura 5. Las micrografías muestran puntos de alto contraste rodeados por una matriz orgánica, atribuidos a las nanopartículas metálicas de Ag y a restos del extracto de ajo depositados sobre ellas, respectivamente. Las nanopartículas obtenidas presentaron una forma semi-esférica y una distribución

en tamaños bastante uniforme, con un tamaño promedio de 3.3 nm ±4.1.

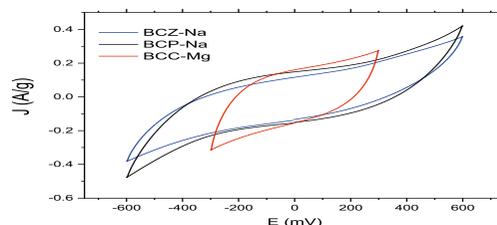


Figura 5. a) Micrografía de las nanopartículas Ag@Ajo. b) Histograma de distribución de tamaños.

Los resultados son consistentes con los espectros de absorción en la región UV-vis. Además, se confirma que la cobertura de las nanopartículas por residuos de la pulpa de ajo es la que provoca la amplitud de la banda del plasmón, no la dispersión de tamaños. Por otro lado, el análisis puntual de especies presentes en las muestras mediante dispersión de energía por rayos X (EDS) mostró la presencia de Ag metálica (Figura 6).

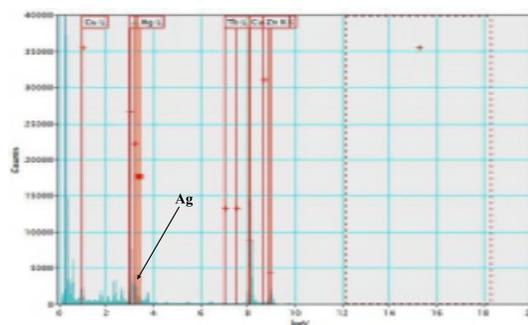


Figura 6. Espectro de dispersión de energía por rayos X (EDS) de las nanopartículas de Ag@Ajo.

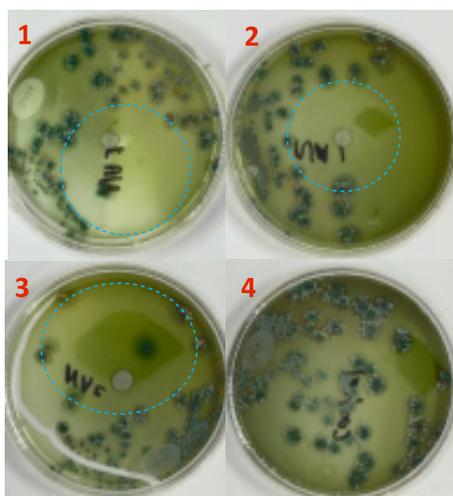
### 3.2 Evaluación *in vitro*

En la Figura 7, se presentan los antibiogramas de la *Vibrio parahaemolyticus* con nanopartículas de Ag@Ajo (1, 2 y 3, experimento realizado por triplicado) y la muestra control (4). El uso de las Ag@Ajo resultó en la inhibición de la actividad bacteriana de la *Vibrio parahaemolyticus*. Los círculos en azul resaltan los halos de inhibición característicos de los experimentos en los que se utilizaron las nanopartículas de Ag@Ajo, en contraste con la muestra control, donde estas no fueron empleadas.

En la Figura 8, se presenta el gráfico de supervivencia porcentual de los camarones cosechados por metro cuadrado durante 5 periodos. Los efectos del AHPND sobre la supervivencia del camarón comenzaron a manifestarse durante el primer ciclo del año 2023 (marcado con rojo en el gráfico), donde se observó una disminución en la supervivencia del 65% en comparación con el mismo período de 2022. En el

segundo ciclo de 2023, se registró una ligera recuperación con una reducción del 35% en la supervivencia respecto al mismo periodo del año anterior.

Ante estas notables pérdidas en la producción del camarón, se decidió llevar a cabo un estudio utilizando alimento para el camarón enriquecido con nanopartículas Ag@Ajo, durante el primer ciclo del 2024, bajo las condiciones descritas en la sección experimental. Claramente, el uso de alimento para camarón enriquecido con nanopartículas de Ag@Ajo, obtenidas por síntesis verde, resultó en un aumento significativo en la supervivencia de camarones por metro cuadrado al momento de la cosecha (mostrado por la barra en verde en la Figura 8). Se registró un drástico aumento de la supervivencia, superior a 3.5 veces en comparación con el mismo periodo de 2023, cuando la enfermedad fue más mortífera para el camarón. Además, la supervivencia de las especies se mejoró en un 28%, respecto al mismo periodo de 2022, cuando la enfermedad AHPND aún no había sido declarada.



**Figura 7.** Antibiograma de *Vibrio parahaemolyticus* con nanopartículas Ag@Ajo (1, 2, 3) y el antibiograma control (4).

Gracias a la nanotecnología, las nanopartículas de Ag@Ajo demostraron su efecto positivo en la mejora de la supervivencia del camarón frente a la enfermedad AHPND en condiciones reales de operación. Los beneficios que ofrece la nanotecnología podrían resultar en una reducción significativa de residuos, así como una mejora en la calidad de vida y las condiciones laborales de los trabajadores de esta industria, que es un elemento fundamental de la economía mexicana.

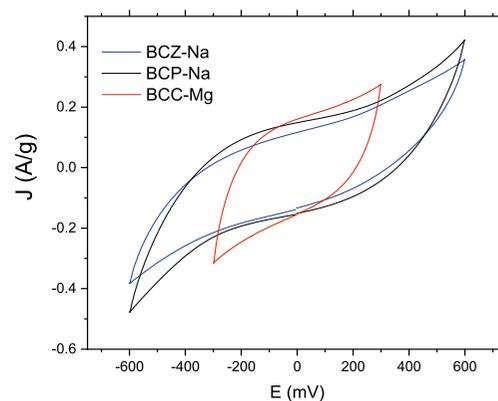
#### 4. Conclusiones

Con este estudio se revela el impacto directo e inmediato que el uso de nanotecnología tiene en la industria acuícola, bajo pruebas en condiciones de operación real. El mejoramiento de casi 3X en la supervivencia del

camarón tras el uso de alimento enriquecido con nanopartículas de Ag@Ajo, evidencia que la nanotecnología combatió no solo a la bacteria *Vibrio parahaemolyticus* sino a otros agentes que atacan silenciosamente las especies.

La acuicultura mexicana puede aprovechar el uso de la nanotecnología en la búsqueda de innovación y oportunidades para mejorar la nutrición y la salud de las especies, como el camarón. La nanotecnología puede transformar y consolidar el sector acuícola como clave para la economía y la seguridad alimentaria de cualquier país donde sea implementada.

No obstante, el camino hacia su implementación masiva enfrenta retos importantes. Es necesario establecer regulaciones claras que garanticen el uso seguro de los nanomateriales, incluyendo nanopartículas, así como invertir en investigación y desarrollo para adaptar estas tecnologías a las necesidades específicas del país. Además, es fundamental educar a los productores acuícolas sobre los beneficios y riesgos de la nanotecnología, promoviendo su adopción responsable.



**Figura 8.** Porcentaje de supervivencia de camarones cosechados en Acuicola Monte Vela, en diferentes periodos.

En este contexto, la nanotecnología no solo representa una herramienta para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la acuicultura mexicana, sino también una oportunidad para impulsar el desarrollo rural, proteger los ecosistemas acuáticos y fortalecer la competitividad en mercados internacionales. Con un enfoque ético y colaborativo, México puede liderar una revolución tecnológica en la acuicultura que beneficie tanto a las comunidades como al medio ambiente.

#### 5. Agradecimientos

Al personal de Acuicola Monte Vela, Biólogo Javier Quiñones Gutiérrez, C. Jesús Agustín Lopez Gonzales, C. Jonathan de Jesús Gonzales y al estudiante de Ciencias Biomédicas Mateo Alonso Valle Bajo. A la Universidad Autónoma de Occidente y al CIDIR- unidad Sinaloa, por la facilidad para usar sus instalaciones para la síntesis y caracterización de las nanopartículas.

#### 6. Referencias

[1] Bayda, S., Adeel, M., Tuccinardi, T., Cordani, M., Rizzolio, F. 2020. The History of Nanoscience and Nanotechnology: From Chemical–Physical Applications to Nanomedicine. *Molecules*, 25(1), 112. DOI 10.3390/molecules25010112

[2] Nguyen M. Q., Nguyen D. M., Tam Toan T. T., Dao A. Q.. 2024. Review—Nanotechnology in Aquaculture: Applications and Challenges. *J. Electrochem. Soc.* 171, 057507. DOI 10.1149/1945-7111/ad48c2

[3] Aguilar-Ramírez D.; Haro-Avalos H.; Márquez-García E.; Villaseñor-Talavera R.; Balmori- Ramírez A.; Rivera-Parra I. Nevárez-Martínez M. 2025. Análisis Global de la Pesca y la Acuicultura 2025. Desafíos, Oportunidades y Perspectivas para México. *Sindicato Democrático de Trabajadores de Pesca y Acuicultura (SIDTPA-SADER)*. México. 77p.

[4] Shah B. R., Mraz J. 2020. Advances in nanotechnology for sustainable aquaculture and fisheries. *Reviews in Aquaculture* 12, 925–942 DOI 10.1111/raq.12356

[5] Nasr-Eldahan, S., Nabil-Adam, A., Shreadah, M.A. 2021. A review article on nanotechnology in aquaculture sustainability as a novel tool in fish disease control. *Aquacult Int* 29, 1459–1480. DOI 10.1007/s10499-021-00677-7

[6] Dar, A. H., Rashid, N., Majid, I., Hussain, S., Dar, M. A. 2019. Nanotechnology interventions in aquaculture and seafood preservation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(11), 1912–1921. DOI 10.1080/10408398.2019.1617232

[7] Saldivar L., Walsh C., 2015. Nanotecnología para el tratamiento de agua. Claves sobre la investigación en México, *Mundo Nano Revista Interdisciplinaria En Nanociencias Y Nanotecnología*, 8(14) 53-69, DOI 10.22201/ceiich.24485691e.2015.14.52513.

[8] Meneses J.C. 2018. *Evaluación de la actividad antimicrobiana de nanopartículas de plata en el control de enfermedades bacterianas en Pterophyllum scalare*, (Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Metropolitana) Repositorio institucional Universidad Autónoma Metropolitana.

[9] Di Pinto, A., Terio V., Novello, L., Tantillo, G., (2011). Comparison between thiosulphate-citrate-bile salt sucrose (TCBS) agar and CHOMagar Vibrio for isolating Vibrio parahamolyticus, *Food Control*, 22, DOI 10.1016/j.foodcont.2010.06.013.

[10] Mazzone, A., Valdramidis, V., Farrugia, C., Grima, J., Gatt, R. 2017. Synthesis and characterization of silver nanoparticles. *International Journal of Engineering Research*. 7. 41.

[11] Horta-Frajio, P., Smolentseva, E. Simakov, A., Jose-Yacaman, M., Acosta, B., (2021). Ag nanoparticles in A<sub>4</sub> zeolite as efficient catalysts for the 4-nitrophenol reduction *Microporous and Mesoporous Material*, 312, DOI 10.1016/j.micromeso.2020.110707.