

Compuestos bioactivos altamente diluidos aumentan el rendimiento productivo en semillas de la ostra del Pacífico (*Magallana gigas*) en la fase de pre-engorda

Highly diluted bioactive compounds increase productive performance in Pacific oyster (*Magallana gigas*) seeds during the nursery phase

Milagro García-Bernal¹, José Manuel Mazón-Suástegui², César Lodeiros^{3,4}, Dariel Tovar-Ramírez², Ángel I. Campa-Córdova², Armando Reyes-Becerra²

¹Centro de Bioactivos Químicos, Universidad Central de Las Villas (UCLV-CBQ). Carretera a Camajuani km 5½. Santa Clara, Villa Clara, Cuba, C.P. 54830.

²Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR). Mar Bermejo 195, Col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz, B.C.S., México, C.P. 23090.

³Departamento de Acuicultura, Pesca y Recursos Naturales Renovables, Facultad de Acuicultura y Ciencias del Mar, Universidad Técnica de Manabí, Bahía de Caráquez, Manabí 131101, Ecuador.

⁴Instituto de Investigación del Medio Acuático para una Salud Global, Campus Vida, Universidad de Santiago de Compostela, 15782-Santiago de Compostela, España.

Correspondencia: José Manuel Mazón-Suástegui **E-mail:** jamazon04@cibnor.mx

Original article | Artículo original

Palabras clave

ostricultura
pre-engorda de
semillas
homeopatía
acuícola
CBAD
crecimiento

RESUMEN | El efecto de compuestos bioactivos altamente diluidos (CBADs) fue evaluado durante la pre-engorda de juveniles de ostra del Pacífico (*Magallana gigas*), cultivados en unidades experimentales tipo "surgencia" con flujo ascendente-recirculante de agua y alimento, suministrado mediante aerosifón. Las variables de evaluación fueron las respuestas de crecimiento en peso, volumen y área de la concha. Los CBADs evaluados en el estudio fueron medicamentos Similia® autorizados para uso humano por la Secretaría de Salud de México (T1: CaS (*Calcarea sulphurica* 30C), T2: BaC (*Baryta carbonica* 30C), T3: FeP (*Ferrum phosphoricum* 30C), T4: HeS (*Hepar sulphuris* 30C), T5: ZiM (*Zincum metallicum* 30C), y un tratamiento control (agua destilada: C). Los tratamientos se añadieron diariamente al agua de cultivo durante treinta días. Los resultados no mostraron evidencia de que los CBADs hayan mejorado la supervivencia de las semillas de *M. gigas*, pero fueron efectivos para su crecimiento, ya que FeP (T3) proporcionó un incremento significativo en peso y volumen, mientras que BaC (T2) incrementó significativamente el área de la concha de los juveniles. Estos resultados avalan el potencial que tiene la aplicación de CBADs para mejorar la producción de semillas de ostras, y dado su efecto diferencial, se sugiere continuar los estudios para establecer combinaciones aditivas y sinérgicas que optimicen los rendimientos a obtener durante la producción de semillas en laboratorio.

Keywords

oyster farming
spat nursery
aquacultural
homeopathy
HDBC
growth.

ABSTRACT | The effect of Highly Diluted Bioactive Compounds (HDBC) was evaluated during the nursery phase of Pacific oyster (*Magallana gigas*) juveniles, cultured in upwelling experimental units with recirculating water and food flow, supplied via aerosiphon. The evaluation variables were the growth responses in weight, volume, and shell area. The HDBC evaluated in the study were Similia® medicines authorized for human use by the Ministry of Health of Mexico (T1: CaS *Calcarea sulphurica* 30C; T2: BaC *Baryta carbonica* 30C; T3: FeP *Ferrum phosphoricum* 30C; T4: HeS *Hepar sulphuris* 30C; T5: ZiM *Zincum metallicum* 30C) and a control treatment (C), consisting of distilled water. The treatments were added to the culture water once daily for thirty days. The results showed no evidence that CBADs improved the survival of *M. gigas* seeds, but they were effective for growth as FeP (T3) provided a significant increase in weight and volume, while BaC (T2) significantly increased the shell area of the juveniles. These findings support the potential of HDBCs to improve oyster seed production, and given their differential effect, further studies are suggested to establish additive and synergistic combinations that optimize yields in hatchery seed production.

INTRODUCCIÓN

La producción acuícola mundial (peces, moluscos, crustáceos, macroalgas, etc.) alcanzó un récord histórico en 2022, superando por primera vez a la pesca de captura en la producción de animales acuáticos. La producción acuícola total fue de 130,9 millones de toneladas, de las cuales 94,4 millones corresponden a animales acuáticos y 18,5% a moluscos (FAO 2024).

La ostra del Pacífico *Magallana gigas* (Thunberg, 1793) es una especie de ostreido reconocida como uno de los invertebrados marinos más importante del mundo en materia acuícola, cuyo cultivo depende casi al 100% de la producción de juveniles o “semillas” en ambiente controlado o semicontrolado de laboratorio. Como organismos filtradores, tanto en campo como en el laboratorio, las ostras interactúan con un entorno microbiano diverso, donde coexisten especies comensales benéficas, pero también cepas patógenas que desafían continuamente su sistema inmunológico. Cuando las ostras son cultivadas, las altas densidades generan condiciones de estrés y competencia por espacio y alimento, que pueden conducir a una elevada productividad, pero si no están ecofisiológicamente adaptadas a su entorno microbiano, se pueden presentar pérdidas económicas notables. En ese contexto, se ha propiciado el uso de desinfectantes y antibióticos, que han contribuido a mejorar la producción, pero que favorecen la resistencia microbiana y generan un grado elevado de contaminación y un desbalance ecológico (Lawrence y Jeyakumar 2013, Curis et al. 2025).

La creciente presión social y ambiental para reducir a nivel global el uso de desinfectantes, quimioterapéuticos, antibióticos y otros agentes supresores en la agricultura y la acuicultura, ha estimulado la investigación de enfoques eco-amigables como los probióticos (Verschuere et al. 2000). De manera paralela, se ha incrementado la aplicación de medicamentos homeopáticos de uso humano y veterinario para promover cambios positivos y medibles en diversas variables de respuesta como el crecimiento, la supervivencia y la respuesta inmune en especies acuáticas y terrestres. Estos medicamentos tienen una actividad biológica experimentalmente demostrada en moluscos bivalvos (López-Carvallo et al. 2020), camarones (Mazón-Suástegui et al. 2025) y peces marinos (Mazón-Suástegui et al. 2025a). Debido a su naturaleza, han sido definidos como compuestos bioactivos altamente diluidos (CBADs), y se aplican con base en el principio de los similares *Similia Similibus Curentur* (López-Carvallo et al. 2022) y en el fenómeno de hormesis (Calabrese y Baldwin 2003, Cho et al. 2016), que ofrecen una explicación terapéutica racional basada en la acción dual que ha sido demostrada en algunos agentes patógenos, tóxicos o estresores. De conformidad con estos autores, una sustancia que genera síntomas patológicos en dosis masiva también puede curarlos en dosis mínima, y bajo este enfoque, los CBADs se aplican exitosamente en humanos, plantas y animales marinos de cultivo (Mazón-Suástegui et al. 2018, 2020a,b, 2023).

Los CBADs son tan antiguos en medicina humana y veterinaria como novedosos en la acuicultura; son altas diluciones de material biológico (animal o vegetal), de elementos químicos y de sus minerales (Khuda-Bukhsh y Pathak 2008), cuyos efectos profilácticos y/o terapéuticos han sido atribuidos a la presencia de nanopartículas que se generan o se liberan durante una dilución serial alternada con intensa agitación o “sucusión” (Bell y Koithan 2012). En México, la producción de CBADs se realiza conforme a la Farmacopea Homeopática de los Estados Unidos Mexicanos (Secretaría de Salud, 2015; <https://www.gob.mx/salud>), bajo la supervisión de la Comisión Federal para la Prevención de Riesgos Sanitarios (COFEPRIS; <https://www.gob.mx/cofepris>). La ausencia de toxicidad y de efectos secundarios nocivos de los CBADs, se asocia a una reducción de la contaminación ambiental (Schmidt 2020), y derivado de su aplicación, principalmente profiláctica (preventiva), se reportan resultados positivos en acuicultura (López-Carvallo et al. 2022; Morales-Sánchez et al. 2022; Nagai et al. 2022; García-Corona et al. 2024; Mazón-Suástegui et al. 2020, 2023, 2025a,b, 2025), e incluso en la agricultura (Mazón-Suástegui et al. 2022a; Ojeda-Silvera et al. 2025).

Los CBADs pueden favorecer la nutrición de animales y vegetales (Mazón-Suástegui et al. 2018, 2020b) porque estimulan el sistema inmune y desencadenan diversas respuestas orgánicas, que pueden también reducir el estrés asociado al manejo acuícola, y disminuir de manera eco-amigable la necesidad de aplicar sustancias quimioterapéuticas como antibióticos, desinfectantes y sanitizantes, potencialmente acumulables en tejidos del organismo cultivado y del consumidor final (Mazón-Suástegui et al. 2017, 2018, 2020, 2022, 2023). El objetivo del presente estudio es evaluar el efecto de cinco tratamientos experimentales formulados a base de CBADs durante la preengorda de semillas de *M. gigas* en laboratorio, considerando que una semilla saludable y de buen crecimiento tiene mayores posibilidades de desempeño favorable a partir de su siembra y cultivo en campo a talla comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Organismos y mantenimiento

El material biológico de estudio fue un lote de juveniles (2.400 semillas con una talla media inicial de $2,36 \pm 0,03$ mm) de ostra del Pacífico *Magallana gigas*, donado por la empresa Acuicultura Robles, S.P.R. (La Paz, México). Las semillas fueron seleccionadas por talla y cultivadas en unidades experimentales de preengorda tipo “surgencia”, con flujo ascendente-recirculante de agua y alimento mediante aerosifón. El proceso de cultivo (preengorda) se realizó con una etapa de aclimatación previa al inicio del experimento, a 23-24 °C, con una dieta basada en las microalgas *Isochrysis galbana* y

Chaetoceros calcitrans (1:1 en número de células; 75×10^3 cel mL⁻¹). Los organismos se distribuyeron en unidades experimentales integradas por una caja plástica de 35 L de capacidad y cuatro cilindros de PVC 4" con falso fondo de malla plástica para alojar a las semillas. Los cilindros estuvieron acoplados a un tubo central de PVC 8" que contenía dos aerosifones y eso permitió su operación con flujo ascendente y recirculante de agua y alimento (Figura 1). En cada cilindro se colocaron 100 organismos, acumulando un total de 100 semillas por réplica, 400 por tratamiento y 2.400 en total.



Figura 1. Unidades experimentales integradas por una caja plástica de 35 L de capacidad y cuatro cilindros de PVC 4" con falso fondo de malla plástica para alojar a las semillas. Los cilindros estuvieron acoplados a un tubo central de PVC 8" que tenía dos aerosifones que permitieron la operación de los cilindros con flujo ascendente y recirculante de agua y alimento.

Figure 1. Experimental units consisting of a 35 L capacity plastic box and four 4" PVC cylinders with a false bottom of plastic mesh to house seeds. The cylinders were attached to an 8" PVC central tube that had two aerosiphons that allowed the cylinders to operate with upwelling and recirculating flow of water and feed.

Tratamientos: Compuestos bioactivos altamente diluidos (CBADs)

Se utilizaron medicamentos homeopáticos de Laboratorios Similia[®], que, por definición, son compuestos bioactivos altamente diluidos (López-Carvalho *et al.* 2022), y fueron adquiridos a través de Farmacia Homeopática Nacional (FHN[®] - CDMX, MX). Estos CBADs se elaboran en laboratorios autorizados, aplicando procedimientos descritos en la farmacopea homeopática de los Estados Unidos Mexicanos (Secretaría de Salud, 2015), conforme a la legislación vigente en materia de salud (<https://www.gob.mx/salud>), y son supervisados por la Comisión Federal para la Prevención de Riesgos Sanitarios (COFEPRIS; <https://www.gob.mx/cofepris>). Los CBADs utilizados en el presente estudio fueron medicamentos homeopáticos en 30^{va} dilución centesimal: CaS (*Calcarea sulphurica* 30C), BaC (*Baryta Carbonica* 30C), FeP (*Ferrum phosphoricum* 30C), HeS (*Hepar sulphuris* 30C) y ZiM (*Zincum metallicum* 30C).

Diseño experimental

El diseño experimental incluyó seis tratamientos con cuatro réplicas cada uno: T1 (CaS), T2 (BaC), T3 (FeP), T4 (HeS) y T5 (ZiM), todos ellos CBAD de Laboratorios Similia[®], y un sexto tratamiento control (agua destilada) sin CBAD (C). Después de una etapa inicial de aclimatación, se inició la preengorda experimental en las unidades previamente descritas, con flujo recirculante y suministro continuo de agua y alimento. Cada día se drenaron las unidades, eliminando las heces acumuladas mediante sifonado, y se realizó un recambio de agua, no mayor al 60 % del volumen total, para no modificar de manera importante sus condiciones ambientales. El experimento tuvo una duración de 30 días y los tratamientos en forma líquida se añadieron en cada unidad experimental una vez al día después de la limpieza y el recambio de agua, y se cerró el suministro de agua-alimento durante 2 h para favorecer su captación.

Variables de respuesta evaluadas

Supervivencia

Al final del bioensayo, y habiendo iniciado con 100 organismos por réplica experimental, las semillas vivas fueron contabilizadas para determinar la supervivencia.

Crecimiento en masa

La masa húmeda de las semillas se determinó en peso al inicio y al final del experimento (30 días) para cada tratamiento y sus réplicas experimentales. Previo a la evaluación, la semilla fue colocada en un tamiz plástico y este fue colocado sobre un papel absorbente para eliminar el agua excedente. Se utilizó una balanza digital Ohaus® con una precisión de $\pm 0,1$ g.

Crecimiento en volumen

El volumen de las semillas se determinó en agua, al inicio y al final del experimento (30 días), para cada uno de los tratamientos y sus réplicas experimentales, utilizando una probeta graduada y compactándolas previamente mediante movimientos giratorios.

Crecimiento en área de la concha

La determinación del área de concha se realizó mediante fotomedición a partir de fotografías de 30 organismos seleccionados al azar en cada réplica experimental, tanto al inicio (0 días) como al final (30 días). Para llevar a cabo un análisis digital de imágenes, se utilizó el programa Image Pro Plus versión 6.0 (MediaCybernetics).

Análisis estadísticos

Las pruebas de normalidad y de homogeneidad de la varianza de las variables evaluativas se calcularon según las recomendaciones de Sokal y Rohlf (2003). Los tratamientos fueron comparados mediante el análisis de varianza (ANOVA) de una vía, con pruebas de comparación múltiple de Tukey. Para todo el manejo estadístico se utilizó el programa STATISTICA versión 8.0 (StatSoft Inc., 2011), y todas las inferencias se determinaron a un nivel de significancia de $P < 0,05$.

RESULTADOS

Al final del experimento, la supervivencia en todos los tratamientos se mantuvo entre el 96% y el 98%, sin diferencias significativas entre sí.

Los resultados en relación con el crecimiento revelaron que, al término del experimento, la masa de ostras en todos los tratamientos alcanzó pesos superiores a 11 g, habiendo iniciado con $2,54 \pm 0,22$ g, lo que representó un crecimiento de más del 400 % respecto al peso inicial. Ningún tratamiento fue significativamente diferente al control, excepto las semillas tratadas con FeP 30C (T3), las cuales alcanzaron una masa de $14,3 \pm 0,42$ g (Fig. 1a). De manera similar, las semillas del tratamiento FeP (T3) presentaron el mayor crecimiento en volumen, alcanzando $29,8 \pm 1,19$ mL habiendo iniciado con $4,7 \pm 0,42$ mL (Fig. 1b). Sin embargo, el área de la concha de las semillas fue significativamente mayor en los juveniles tratados con BaC (T2), alcanzando $66,3 \pm 2,93$ mm² habiendo iniciado con $10,2 \pm 0,82$ mm², mientras que las ostras de los demás tratamientos obtuvieron valores cercanos a los 50 mm² (Fig. 1c).

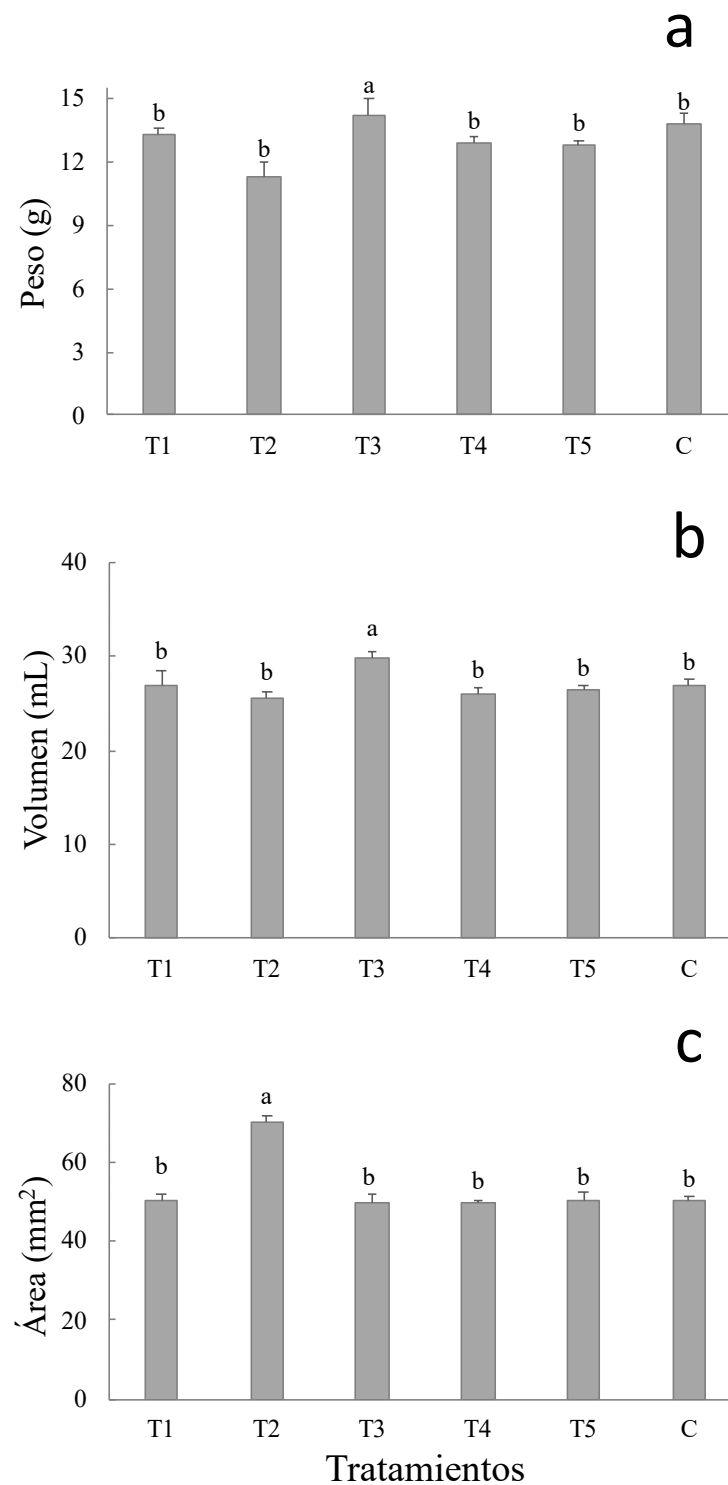


Figura 2. Peso promedio de la masa húmeda (a), volumen (b) y área de la concha final (c), de las semillas de *Magallana gigas* cultivadas en unidades experimentales tipo “surgencia”, con flujo ascendente-recirculante de agua y alimento mediante aerosifón, y tratadas con compuestos bioactivos altamente diluidos (CBADs). Los datos se expresan como media \pm desviación estándar. Las barras con letras diferentes muestran diferencias significativas ($P < 0,05$). T1: CaS (*Calcareo sulphurica* 30C), T2: BaC (*Baryta carbonica* 30C), T3: FeP (*Ferrum phosphoricum* 30C), T4: HeS (*Hepar sulphuris* 30C), T5: ZiM (*Zincum metallicum* 30C) y control C: agua destilada.

Figure 2. Final average weight of the wet mass (a), volume (b), and shell area (c) of juvenile *Magallana gigas* treated with highly diluted bioactive compounds (HDBC) cultured in experimental "upwelling" units, with up-recirculating flow of water and feed by aerosiphon. Data are expressed as mean \pm standard deviation. Bars with different letters differ significantly ($P < 0.05$). T1: CaS (*Calcareo sulphurica* 30C), T2: BaC (*Baryta carbonica* 30C), T3: FeP (*Ferrum phosphoricum* 30C), T4: HeS (*Hepar sulphuris* 30C), T5: ZiM (*Zincum metallicum* 30C), and C: distilled water as control treatment.

DISCUSIÓN

Las unidades de preengorda de semillas de moluscos bivalvos sirven como punto intermedio entre los criaderos y la fase de cultivo en el mar. Es necesario asegurar su operación eficiente y la calidad de su producto, ya que inciden directamente en los resultados del engorde en campo, incluyendo su crecimiento y supervivencia a talla comercial (Helm *et al.* 2006). Diversos estudios previos han demostrado que los CBAD son efectivos para el tratamiento de enfermedades en plantas, animales y seres humanos, y que no se registran efectos secundarios por residuales del tratamiento aplicado, además de ser más económicos que diversos quimioterapéuticos utilizados en la industria acuícola (Pinkus, 2009). En tiempos recientes, los CBAD se han utilizado con éxito en la acuicultura de especies de agua dulce (Merlini *et al.* 2014), pero su ámbito de acción incluye también a la acuicultura marina (Mazón-Suástegui *et al.* 2018) y la agricultura (Mazón-Suástegui *et al.* 2020b), logrando obtener de manera consistente, incrementos significativos en variables de respuesta importantes para la industria.

La aplicación profiláctica de CBAD en especies marinas de importancia acuícola comercial ha cobrado relevancia en los últimos años. Al respecto, López-Carvalho *et al.* (2022) ofrecen una exhaustiva revisión del potencial de los CBAD HDDB para la acuicultura sustentable, y García-Corona *et al.* (2024) reportan mejoras en la maduración sexual y calidad ovocitaria del mejillón *Modiolus capax*. Por su parte, Mazón-Suástegui *et al.* (2017) reportan mayor supervivencia, crecimiento y protección inmunológica en juveniles del pectínido *Argopecten ventricosus*, tratados con CBADs vs tratados con antibióticos, mientras que López-Carvalho *et al.* (2020) observaron en esta misma especie y a nivel transcriptómico, la activación del sistema de reconocimiento de lo no propio.

García-Bernal *et al.* (2020) evaluaron la aplicación sinérgica de actinomicetos probióticos (*Streptomyces* sp., cepa RL8) y una fórmula acuícola de CBADs patentada por CIBNOR-México (ViP+ViA) y los CBADs de uso humano *Phosphoricum acid* 6C y *Silicea terra* 6C (Similia® MX), en un laboratorio comercial productor de semillas de *Crasostrea virginica*. Los autores mencionan que su aplicación profiláctica tuvo un efecto positivo en la condición fisiológica de las semillas tratadas (particularmente en músculo y glándula digestiva), con un mejor desempeño general y nutricional, y concluyen que ambos tratamientos pueden actuar en sinergia para mejorar rendimientos biológicos y económicos durante la preengorda de semillas en laboratorio, y beneficios potenciales durante su cultivo inicial en el mar.

En un estudio reciente con objetivos similares y enfocado a mejorar la producción de semillas de *Magallana gigas*, Guzmán-Arellano (2024) utilizó FERRHEEL® (FER) y SILICEA-INJEEL® (SIL) de Rubiopharma® (Hermosillo, MX) en 3ª dilución centesimal (3C). Dicho estudio demostró que el mayor crecimiento registrado durante la preengorda de las semillas se obtuvo con una combinación 1:1 de estos compuestos, y que la mayor supervivencia se logró al utilizar SIL-3C. Aunque en nuestro estudio la efectividad de los CBADs en la supervivencia de las semillas de ostras no fue significativa, sí lo fue en su crecimiento. Esto demuestra la efectividad de su aplicación para mejorar la producción de semillas de ostras, y aporta información que sugiere que su uso combinado podría tener efectos aditivos.

Los resultados del presente estudio muestran que el crecimiento mejoró con el uso de CBADs. Los valores promedio en peso y volumen total de las semillas de la ostra del Pacífico tratadas con Ferrum phosphoricum 30C de Laboratorios Similia® (FeP)-T3, fueron significativamente mayores que los del control y los demás tratamientos con CBADs. De manera similar, los organismos tratados con *Baryta carbonica* 30C de Laboratorios Similia® (BaC)-T3 presentaron un mayor crecimiento en el área de la concha.

Debido a su origen natural y a su alta dilución, con serial alternada y agitación intensa, los CBADs ofrecen alta inocuidad y ecosustentabilidad. Su aplicación profiláctica en moluscos acuícolas ha demostrado ser efectiva, mejorando la maduración sexual y la calidad ovocitaria en reproductores, incrementando la supervivencia y el crecimiento en juveniles, lo cual se confirma a nivel genético al estimular la expresión de genes de inmunidad y de maduración sexual (Mazón-Suástegui *et al.* 2022b; Hernández-Villasana, 2023). En línea con estos hallazgos, los resultados del presente estudio refuerzan la eficacia del uso de CBADs y evidencian una mejora significativa en el crecimiento de las semillas de *M. gigas*.

En conclusión, es evidente el beneficio de los CBADs para la producción de semillas de *M. gigas*, por lo que se recomienda enfáticamente continuar explorando sus efectos, en particular mediante combinaciones y formulaciones sinérgicas, para optimizar aún más el desempeño productivo y la salud de las semillas en las unidades de preengorda.

Declaración de contribución de autoría (CrediT)

Milagro García-Bernal: metodología, análisis de datos, redacción de la primera versión del manuscrito y edición final del artículo. *José Manuel Mazón-Suástegui*: financiamiento, diseño experimental y desarrollo de la investigación, análisis de datos, revisión del manuscrito, edición final del artículo. *César Lodeiros*: análisis de datos, revisión del manuscrito, edición final del artículo. *Dariel Tovar-Ramírez*: revisión del manuscrito. *Ángel I. Campa-Córdova*: revisión del manuscrito. *Armando Reyes-Becerra*: desarrollo experimental, trabajo zootécnico.

Agradecimientos

Esta investigación fue financiada por CONACYT, Programa Presupuestario F003 “Programas Nacionales Estratégicos de Ciencia, Tecnología y Vinculación con los Sectores Social, Público y Privado”, proyecto Ciencia Básica 258282 “Evaluación experimental de homeopatía y nuevos probióticos en el cultivo de moluscos, crustáceos y peces de interés comercial”, y proyecto PROINNOVA 241777 (CIBNOR/PEASA), cuyo responsable académico fue JMMS.

REFERENCIAS

- Bell I.R., Koithan M. (2012). A model for homeopathic remedy effects: low dose nanoparticles, allostatic cross-adaptation, and time-dependent sensitization in a complex adaptive system. *BMC Complementary Medicine and Therapies* 12(1):191. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-12-191>
- Calabrese E.J., Baldwin L.A. (2003). Hormesis: The dose-response revolution. *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.* 43:175–197. <https://doi.org/10.1146/annurev.pharmtox.43.100901.140223>
- Cho K., Jwa M.S., Moon H.N. Hur S.P., Kim D., Yeo I.K. (2016). Hormetic effect of ⁶⁰Co gamma radiation on tolerance to salinity and temperature stress in *Haliotis discus discus*. *Aquaculture* 451:473–479. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture>
- Curis C., Curis S.M. (2025). Impact of Antibiotics on the Microbiome of Aquatic Ecosystems. In: Antipova, T. (eds) Digital Technology Platforms and Deployment. Information Systems Engineering and Management, vol 36. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-86547-3_4
- FAO. 2024. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024. La transformación azul en acción. Roma. <https://doi.org/10.4060/cd0683es>
- García-Bernal M., Medina-Marrero R., Mazón-Suástegui J.M., Arcos-Ortega G.F., Tordecillas-Guillén J.L., Barajas-Ponce U. (2020). Preengorda de semillas de ostra Americana *Crassostrea virginica* con aplicación de actinomicetos probióticos y medicamentos homeopáticos. *AquaTechnica* 2(3):150–160. <https://doi.org/10.33936/at.v2i3.3086>
- García-Corona J.L., Arcos-Ortega G.F., Rodríguez-Jaramillo C., López-Carvallo J.A., Mazón-Suástegui J.M. (2024). Examination of the effects of highly diluted bioactive compounds on gametogenesis in relation to energy budget and oocyte quality in mussel (*Modiolus capax*) broodstock. *Aquaculture* 578:740080. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.740080>
- Guzmán-Arellano J.A. (2024). Efecto de medicamentos homeopáticos de uso humano durante la preengorda en laboratorio y engorda inicial en campo, de semillas de ostión japonés (*Crassostrea gigas* Thunberg, 1793) [Tesis Licenciatura]. México: Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Hernández-Villasana C.S. (2023). Respuesta génica del ostión americano *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791) a compuestos bioactivos altamente diluidos (CBAD). [Tesis de Maestría]. México: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.
- Helm M.M., Bourne N., Lovatelli A. (2006). Cultivo de bivalvos en criadero. Un manual práctico. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 471. Roma, FAO: 184.

- Khuda-Bukhsh A.R., Pathak S. (2008). Homeopathic drug discovery: theory update and methodological aspect. *Expert Opinion on Drug Discovery* 3(8):979–990. <https://doi.org/10.1517/17460441.3.8.979>
- Lawrence R., Jeyakumar E. (2013). Antimicrobial Resistance: A Cause for Global Concern. *BMC Proc* 7 (Suppl 3), S1. <https://doi.org/10.1186/1753-6561-7-S3-S1>
- López-Carvallo J.A., Mazón-Suástegui J.M., Arcos-Ortega G.F., Hernández-Oñate M.A., Tovar-Ramírez D., Abasolo-Pacheco F., García-Bernal D. (2022). Highly diluted bioactive compounds in marine aquaculture: A potential alternative for sustainable production. Running title: HDDB and sustainable aquaculture. *Reviews in Aquaculture* 14(3):1170–1193. <https://doi.org/10.1111/raq.12644>
- López-Carvallo J.A., Mazón-Suástegui J.M., Hernández-Oñate M.Á., Tovar-Ramírez D., Abasolo-Pacheco F., Morelos-Castro R.M., et al. (2020). Transcriptome analysis of Catarina scallop (*Argopecten ventricosus*) juveniles treated with highly-diluted immunomodulatory compounds reveals activation of non-self-recognition system. *PLoS ONE* 15(5):e0233064. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233064>
- Mazón-Suástegui J.M., García-Bernal M., Saucedo P.E., Campa-Córdova Á., Abasolo-Pacheco F. (2017). Homeopathy outperforms antibiotics treatment in juvenile scallop *Argopecten ventricosus*: effects on growth, survival, and immune response. *Homeopathy* 26(01):8–26. <https://doi.org/10.1016/j.homp.2016.12.002>
- Mazón-Suástegui J.M., Tovar-Ramírez D., Salas-Leiva J.S., Arcos-Ortega G.F., García-Bernal M., Avilés-Quevedo M.A., López-Carvallo J.A., García-Corona J.L., Ibarra-García L.E., Ortiz-Cornejo N.L., Teles A., Rosero-García A., Abasolo-Pacheco F., Campa-Córdova A.I., Saucedo-Lastra P.E., Barajas-Frías J.D., Ormart-Castro P., Rodríguez-Jaramillo M.C., González-González R., Barajas-Ponce U., Tordecillas-Guillén J.L., Álvarez-Gil F.A., Pineda-Mahr G., Peiro-López J., Robles-Mungaray M. (2018). InTechOpen Book”. Capítulo: Aquacultural Homeopathy: A focus to marine species. Chapter 4. Aquaculture: Plants and invertebrates. 10:67-91. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.74183>
- Mazón-Suástegui J.M., López-Carvallo J.A., Rodríguez-Jaramillo C., García-Corona J.L., Arcos-Ortega G.F., Abasolo-Pacheco F. (2020a). Ultra-diluted bioactive compounds enhance energy storage and oocyte quality during gonad conditioning of Pacific calico scallop *Argopecten ventricosus* (Sowerby II, 1842). *Aquac. Res.* 52:1–11. <https://doi.org/10.1111/are.15002>
- Mazón-Suástegui J.M., Ojeda-Silvera C. M., García-Bernal M., Avilés-Quevedo M. A., Abasolo-Pacheco F., Batista-Sánchez D., Tovar-Ramírez D., Arcos-Ortega F., Murillo-Amador B., Nieto-Garibay A., Ferrer-Sánchez Y., Morelos-Castro R. M., Alvarado-Mendoza A., Díaz-Díaz M., Bonilla-Montalvan B. (2020b). Agricultural homeopathy: A new Insight into Organic's. Chapter 9, pp 157–174. In: Jan Moudry (ed.) "Multifunctionality and Impacts of Organic and Conventional Agriculture". IntechOpen Books. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.84482>
- Mazón-Suástegui J.M., García-Bernal M., Ojeda-Silvera C. M., Batista-Sánchez D., Ruiz-Espinoza H. (2022a). Índice de tolerancia al estrés salino y análisis de crecimiento de dos variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L. y *Vigna unguiculata* L., Walp.), cultivadas en un medio salino (NaCl) y tratadas con medicamentos homeopáticos. *Terra Latinoam.* 40:e1083. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1083>.
- Mazón-Suástegui J.M., García-Bernal M., Arcos-Ortega G.F., Tordecillas-Guillén J.L., Barajas-Ponce U., Rodríguez-Jaramillo C., Betanzos-Vega A. (2022b). Efecto de medicamentos homeopáticos de uso humano en la maduración sexual de reproductores de ostión americano *Crassostrea virginica*. *AquaTechnica* 4(2):66–74 (2022). DOI <https://doi.org/10.33936/at.v4i3.4545>
- Mazón-Suástegui J.M., García-Bernal M., Medina-Marrero R., Arcos-Ortega G.F., Campa-Córdova A.I., López-Carvallo J.A. (2023). Individual and synergistic effects of highly diluted bioactive compounds and probiotic actinomycetes on the growth and survival of juvenile shrimp *Penaeus vannamei*. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 51:145–152. <http://dx.doi.org/10.3856/vol51-issue1-fulltext-2959>.
- Mazón-Suástegui J.M., García-Bernal M., Medina-Marrero R., Campa-Córdova A.I., Salas-Leiva J., Arcos-Ortega G.F., Ojeda-Silvera C.M. (2025a). Growth, survival, and modulation of the intestinal microbiota of shrimp *Penaeus vannamei*

fed with probiotic actinomycetes and highly diluted bioactive compounds. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 53:242–254. <http://dx.doi.org/10.3856/vol53-issue2-fulltext-3292>.

Mazón-Suástegui J.M., López Carvallo J.A., Avilés-Quevedo M.A., Salas-Leiva J., Castelló-Orvay F., García-Bernal M., Abasolo-Pacheco F., Campa-Córdova A.I., Tovar-Ramírez D. (2025b). Highly diluted bioactive compounds increase growth, survival, and condition factor in spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) juveniles. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 53(2):337–345, 2025. <http://dx.doi.org/10.3856/vol53-issue2-fulltext-3288>

Merlini L.S., Vargas L., Piau Jr. R., Ribeiro R.P., Merlini N.B. (2014). Effects of a homeopathic complex on the performance and cortisol levels in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Homeopathy* 103(2):139–142. <https://doi.org/10.1016/j.homp.2013.08.005>

Morales-Sánchez C. Arcos-Ortega G.F., Tripp-Quezada A., González-González R., Mazón-Suástegui J.M. (2022). Effects of highly-diluted bioactive compounds (HDBC) on growth, survival and physiological condition of *Penaeus vannamei* shrimp reared in a commercial farm. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 50:382–396. <http://dx.doi.org/10.3856/vol50-issue3-fulltext-2878>.

Nagai M.Y.O., Von Ancken A.C.B., Bonamin L.V. (2022). Effects of highly diluted substances on aquatic animals: a review. Water Special Edition: High Dilutions. A Partnership with IPWS - International Panel on Water Structure for the 9th World Water Forum, Dakar, Senegal. <https://doi.org/10.14294/WATER.2022.S11>.

Ojeda-Silvera C.M., Mazón-Suástegui J.M., Murillo-Amador B., Batista-Sánchez D., Batista-Sánchez D., García-Bernal M. (2025). *Capsicum annum* L. Response to Highly Diluted Bioactive Compounds Application in Germination and Initial Growth Under Saline Conditions. *Terra Latinoam.* 43:e2162. <https://doi.org/10.28940/terra.v43i.2162>.

Pinkus T. (2009). Animal Homeopathy- a pragmatic approach. *Homeopathy in practice Summer*. 1–27. Feature.

Schmidt J. M. (2020). Sustainability as a challenge to therapeutics–The Hahnemannian and Gandhian approach. *Explore.* 16(4): 237–241. <https://doi.org/10.1016/j.explore.2019.11.009>.

Secretaría de Salud. (2015). *Farmacopea homeopática de los Estados Unidos Mexicanos*. FEUM-SSA. Biblioteca Nacional de México 615.532-scdd21. ISBN:978-607-460-509-9.

Sokal R.R., Rohlf F.J. (2003). *Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*, 3rd ed. Freeman, New York, NY. 915pp.

StatSoft Inc. (2011). *Statistica*. System reference. StatSoft, Inc. Tulsa, OK, USA.

Verschuere L., Rombaut G., Sorgeloos P., Verstraete W. (2020). Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 64(4):655–671. <https://doi.org/10.1128/MMBR.64.4.655-671.2000>.

