

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2025,  
Volumen 9, Número 1.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i1](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1)

**EVALUACIÓN DE UN CONSORCIO DE BACILLUS  
AISLADAS DEL MANGLAR DE PUERTO HUALTACO  
PARA REDUCIR LA MATERIA ORGÁNICA EN  
SEDIMENTOS ACUÍCOLAS**

**EVALUATION OF A *BACILLUS* CONSORTIUM ISOLATED FROM  
THE PUERTO HUALTACO MANGROVE TO REDUCE ORGANIC  
MATTER IN AQUACULTURE SEDIMENTS**

**Johanna Margarita Gualán Salinas**

Universidad Técnica de Machala, Ecuador

**Ariana Jareth Romero Requelme**

Universidad Técnica de Machala, Ecuador

**Lita Scarlett Sorroza Ochoa**

Universidad Técnica de Machala, Ecuador

DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i1.16376](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1.16376)

## Evaluación de un Consorcio de *Bacillus* Aisladas del Manglar de Puerto Hualtaco para Reducir la Materia Orgánica en Sedimentos Acuícolas

**Johanna Margarita Gualán Salinas<sup>1</sup>**[jgualan2@utmachala.edu.ec](mailto:jgualan2@utmachala.edu.ec)<https://orcid.org/0009-0002-7770-5642>Universidad Técnica de Machala  
Ecuador**Lita Scarlett Sorroza Ochoa**[slita@utmachala.edu.ec](mailto:slita@utmachala.edu.ec)<https://orcid.org/0000-0002-8829-0414>Universidad Técnica de Machala  
Ecuador**Ariana Jareth Romero Requelme**[aromero20@utmachala.edu.ec](mailto:aromero20@utmachala.edu.ec)<https://orcid.org/0009-0003-5825-8856>Universidad Técnica de Machala  
Ecuador

### RESUMEN

La intensificación de la producción acuícola genera acumulación de sedimento, lo que representa un grave problema para este sector. Por esta razón, el objetivo de este trabajo experimental fue evaluar el efecto de un consorcio de *Bacillus spp.* aislados del manglar en la degradación de materia orgánica, acumulada en los sedimentos de piscinas camaroneras a baja salinidad. Las cepas de *Bacillus spp.* se cultivaron en peptona de soya al 4 % durante 72h para alcanzar una concentración bacteriana de  $10^9$  ufc/ml. El diseño experimental fue completamente al azar, con tres tratamientos de una mezcla de bacterias y la adición de nutrientes como nitrógeno y fósforo, (T1 12 $\mu$ L, T2 18 $\mu$ L y T3 24 $\mu$ L) además de un control sin aplicación de insumos, cada uno con tres repeticiones. El experimento tuvo una duración de 20 días, donde se analizó el porcentaje de materia orgánica (método Walkley & Black). Los resultados indican que existe diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en la reducción de materia orgánica, con una disminución promedio del 2.54% en el T3. Este estudio concluyó que el uso de *Bacillus spp.* constituye una estrategia eficaz para la reducción de materia orgánica en sedimentos acuícolas a baja salinidad, contribuyendo a la gestión sostenible de estos sistemas.

**Palabras Clave:** biorremediación, bacillus spp, materia orgánica, bacterias, camarón

---

<sup>1</sup> Autor principal.

Correspondencia: [jgualan2@utmachala.edu.ec](mailto:jgualan2@utmachala.edu.ec)

# Evaluation of a *Bacillus* Consortium Isolated from the Puerto Hualtaco Mangrove To Reduce Organic Matter In Aquaculture Sediments

## ABSTRACT

The intensification of aquaculture production generates sediments accumulation, which represent a serious problem in the sector. For this reason, the objective of this experimental work was to evaluate the effect of a consortium of *Bacillus spp.* strains isolated from mangroves on the degradation of organic matter accumulated in the sediments of shrimp ponds at low salinity. *Bacillus spp.* strains were cultivated in 4% soy peptone for 72 h to have a bacterial concentration of  $10^9$  cfu/ml. The experimental design was completely randomized (CRD), with three treatments of a mixture of bacteria and the addition of nutrients such as nitrogen and phosphorus (T1 12  $\mu$ L, T2 18  $\mu$ L and T3 24  $\mu$ L) and a control without application of supplies, all with three replicates. The experiment lasted 20 days, where organic matter percentage was analyzed (Walkley & Black method). The results indicate that there are significant differences ( $p < 0,05$ ) in the reduction of organic matter according to the doses of the bacterial consortium, with a decrease of 2.54%.in T3. This study concluded that the use of *Bacillus spp.* constitutes an effective strategy for the reduction of organic matter in aquaculture sediments at low salinity, contributing to the sustainable management of these systems.

**Keywords:** bioremediation, bacillus spp., organic matter, bacteria, shrimp

*Artículo recibido 20 enero 2025  
Aceptado para publicación: 25 febrero 2025*



## INTRODUCCIÓN

La acuicultura ha crecido rápidamente en los últimos años, inclusive más que la pesca de captura y se anticipa que esta tendencia continúe en crecimiento (Gonzabay et al., 2021). Según la Cámara Nacional de Acuicultura (2024), Ecuador es uno de los principales productores y exportadores de camarón, alcanzó un récord histórico de exportación mundial de 1,2 millones de toneladas métricas de camarón en 2024, representando más del 40% de las exportaciones Ecuatorianas.

Sin embargo, la intensificación de la acuicultura ha generado problemas ambientales, como la acumulación de materia orgánica en los sedimentos, afectando la calidad del agua y el equilibrio ecológico (Drózd et al., 2020). Investigaciones han demostrado que bacterias del género *Bacillus* son eficientes biorremediadores, contribuyendo al ciclo del nitrógeno y regulando la microbiota en sistemas acuáticos (Lopes, 2021; Soltani et al., 2019). Especies como *Bacillus subtilis* y *Bacillus licheniformis* han sido utilizadas para reducir materia orgánica en estanques de camarón (Mendes, 2021).

El crecimiento acelerado de la acuicultura también ha generado impactos en ecosistemas costeros debido al incremento de desechos orgánicos y nutrientes inorgánicos. Aunque existen estándares ambientales, la contaminación sigue siendo una preocupación (Kim et al., 2021). La acumulación de materia orgánica, compuesta por nitrógeno y fósforo, puede alcanzar niveles del 3% al 16% en sedimentos, provocando eutrofización, hipoxia y reducción de la biodiversidad bentónica (Burbano-Gallardo et al., 2021).

Los manglares desempeñan un papel crucial en la biogeoquímica y el ciclo de nutrientes, gracias a su microbioma compuesto por bacterias, arqueas, hongos y protistas. Estas bacterias pueden adaptarse a la salinidad y eliminar metales pesados como cadmio y zinc mediante mecanismos biológicos que reducen su toxicidad (Allard et al., 2020).

Los microorganismos juegan roles cruciales en los estanques de cultivo, ayudan a mantener el equilibrio ecológico en los estanques, promueven un ambiente saludable para el crecimiento de los camarones. Además, su actividad contribuye a la sostenibilidad del cultivo al mejorar la eficiencia del sistema de producción (Prasad et al., 2021; Shivalkar et al., 2021). Estos organismos descomponen la materia orgánica en compuestos menos perjudiciales (Hlordzi et al., 2020; Zhou et al., 2021).



Se estima que hasta un 30% del alimento no aprovechado se convierte en materia orgánica en el fondo del estanque, generando zonas anaerobias y afectando parámetros como pH y oxígeno disuelto (Colette et al., 2023; Navarrete et al., 2022; Hasibuan et al., 2023). Esto provoca el deterioro del suelo, afectando la calidad del agua y la producción en general (Drózd et al., 2020; Hasibuan et al., 2023). Para evitarlo, es clave aplicar prácticas de manejo adecuadas, ya que el porcentaje de materia orgánica en sedimentos acuícolas no debe superar el 3-4% (Guerrero, 2023).

La biorremediación desarrollada en la década de 1960 por George M. Robinson, es una técnica que emplea microorganismos para transformar compuestos contaminantes en productos menos nocivos (Barman, 2020). Se basa en dos enfoques: la bioestimulación, que añade nutrientes para estimular el crecimiento microbiano, y la bioaumentación, que introduce cepas específicas (Castro, 2021). Su eficacia depende de factores como temperatura, pH y disponibilidad de oxígeno (Alori et al., 2022; Mishra et al., 2021; Jiménez-Delgadillo et al., 2018; Soltani et al., 2019).

Las bacterias *Bacillus* son esenciales en biorremediación debido a su capacidad para formar esporas y resistir condiciones extremas. La utilización de *Bacillus spp.* mejora tanto la calidad de los sedimentos y del agua, disminuyendo los niveles tóxicos de compuestos nitrogenados y fósforo (Chaverra-Garcés, 2022).

La selección de cepas como *Bacillus subtilis* y *Bacillus amyloliquefaciens* optimiza el proceso de degradación de residuos orgánicos y restaura suelos acuícolas (Colette et al., 2023; Husain et al., 2022; Pal et al., 2020). La incorporación de *Bacillus spp.* en la biorremediación no solo mejora la calidad ambiental, sino que también favorece el crecimiento de especies acuáticas al mejorar condiciones del sedimento y agua (Pedraza et al., 2020). Además, estos microorganismos pueden formar biopelículas, facilitando la colonización y degradación de contaminantes (Galicia-Jiménez et al., 2011).

Para su cultivo, se requieren medios con carbono, nitrógeno y otros nutrientes esenciales (Correa et al., 2023; Rodríguez et al., 2021). Gracias a su capacidad para formar endosporas y su versatilidad metabólica, *Bacillus spp.* es una opción prometedora para la biorremediación en acuicultura y otros ecosistemas contaminados (Chhetri et al., 2022).

Este estudio es relevante para la industria acuícola porque propone una alternativa biorremediadora sostenible que aborda los problemas críticos de la camaronicultura y contribuye al tratamiento ecológico



de residuos en acuicultura. Su objetivo es evaluar la capacidad de un consorcio de *Bacillus spp.* para degradar la materia orgánica en sedimentos de estanques de *Litopenaeus vannamei.*, a baja salinidad.

## METODOLOGÍA

### Ubicación del Experimento

El presente ensayo se realizó en el Laboratorio de Maricultura, ubicado en la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA) de la Universidad Técnica de Machala cuya ubicación es El Cambio, con las coordenadas 3.2910443, -79.9141977.

**Figura 1 Laboratorio de Maricultura** Ubicación del Laboratorio de Maricultura en la Facultad de Ciencias Agropecuarias



Fuente: Google Maps (2024)

### Diseño Experimental

Este trabajo experimental se realizó con un diseño completamente al azar (DCA), para ello se utilizaron bandejas de plástico con una capacidad de 15 litros y dimensiones de 32,5 cm × 24 cm × 20 cm (largo × ancho × alto). (Tabla 1). Los recipientes fueron cubiertos con sedimento acuícola de baja salinidad hasta una altura aproximada de 10 cm, sobre el cual se añadieron 5 cm de columna de agua con una salinidad de 2 ppt. del mismo sitio de muestreo de la materia orgánica. Finalmente, se incorporó aireación y un consorcio bacteriano de *Bacillus spp.* con tres tratamientos como se representa en la (Tabla 2) y uno de control sin nutriente, cada uno con tres repeticiones, sumando un total de 12 unidades experimentales.

**Tabla 1** Distribución de los tratamientos en el experimento

Tratamientos			
T0	T2	T3	T2
T3	T0	T3	T0
T1	T2	T1	T1

En esta investigación se utilizaron dosis basadas en un producto comercial que contiene bacterias del género *Bacillus* a una concentración de  $10^9$  ufc/ml. Los datos recolectados se evaluaron mediante ANOVA de un factor inter-grupos como prueba paramétrica para comparar las varianzas entre los tratamientos con distintas dosis del consorcio de cepas de *Bacillus spp.* utilizando un nivel alfa = 0.05. Para llevar a cabo los análisis se utilizó el software estadístico SPSS Statistics versión 25.0 Base para Windows, con una confiabilidad del 95%.

**Tabla 2.-** Dosis aplicados en el experimento

Tratamientos	Dosis del consorcio	Equivalente (L ha <sup>-1</sup> )
T0	0	0
T1	12 µL	1,5 L
T2	18 µL	2 L
T3	24 µL	3 L

### Ensayo Experimental

Para el cultivo del consorcio bacteriano, compuesto por siete tipos de bacterias del género *Bacillus*, se utilizó un medio nutritivo a base de peptona de soya. La preparación consistió en disolver 2 gramos de peptona de soya en 50 ml de agua destilada en un matraz. Posteriormente se midió el pH y se lo ajustó a un rango de 7.5 a 8 mediante la aplicación de ceniza de madera y se verificó utilizando tiras indicadoras de pH. El medio de cultivo fue esterilizado en autoclave a 120°C durante 15 minutos. A partir de cultivos puros de *Bacillus spp.*, se inoculó una colonia en un matraz que contenía el medio líquido esterilizado, el cual se incubó a 30°C durante 72 horas para registrar la curva de crecimiento, en su fase exponencial.

El crecimiento de los *Bacillus* fue monitoreado mediante la evaluación de la turbidez del medio. Para el recuento bacteriano, se utilizó el método de conteo en cámara de Neubauer. Se preparó una dilución seriada utilizando una solución salina al 1%, (1 gramo de NaCl en 100 ml de agua destilada). En tubos



de ensayo de 15 mL, se añadieron 9 mL de la solución salina y 1 mL del consorcio bacteriano (solución madre), realizando diluciones seriadas hasta 1:100. Para la contabilización, se siguió la metodología de conteo en la cámara de Neubauer según Caramuti et al. (2020).

Las muestras de sedimento utilizadas en el experimento se recolectaron un día después de finalizar el ciclo del cultivo, según la metodología de Arias & Zambrano (2022). Para ellos se obtuvo 120 kg de sedimento a una profundidad de 30 cm, almacenados en sacos cubiertos con fundas y el traslado se realizó en baldes previamente desinfectados hasta el lugar del experimento.

En el laboratorio las muestras de sedimento (120 kg) se homogenizaron en un tanque de 250 L. Se eliminaron restos calcáreos, y el sedimento se distribuyó en capas de 10 cm de altura, con una columna de agua de 5 cm y aireación constante en cada unidad experimental.

Durante el proceso de homogenización del sedimento se tomaron muestras iniciales para el análisis de materia orgánica.

En el análisis de materia orgánica se utilizó la metodología descrita por Barrezueta-Unda et al. (2020). Para ello, se recolectaron 300 g de sedimento de los distintos tratamientos, y de cada muestra se procesaron por triplicado. Para el análisis de MO se distribuyó el sedimento en bandejas de aluminio, y se secaron durante un período de 48 horas en la estufa a una temperatura de 60 °C como lo indica Mendes (2021), luego de este proceso las muestras fueron trituradas y separadas por un tamiz No. 50, para luego proceder con el método de Walkley & Black, para la determinación de materia orgánica.

El consorcio de siete bacterias de *Bacillus spp.* cultivado en condiciones de laboratorio cuenta con una concentración de  $1,041 \times 10^9$  UFC/ml en 72 horas, del cual se aplicó en el T1 (12 µl), T2 (18 µl) y T3 (24 µl) que se añadieron cada 5 días junto con 0,20 gramos de fertilizante (DAP) y 0,22 gramos de alimento balanceado (Haid 30% de proteína) como fuente de nitrógeno, al T0 (control) no se aplicó insumos.

Durante todo el ensayo experimental se mantuvieron los parámetros de pH, temperatura y oxígeno disuelto estables y controlados.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Curva de Crecimiento del Consorcio Bacteriano**

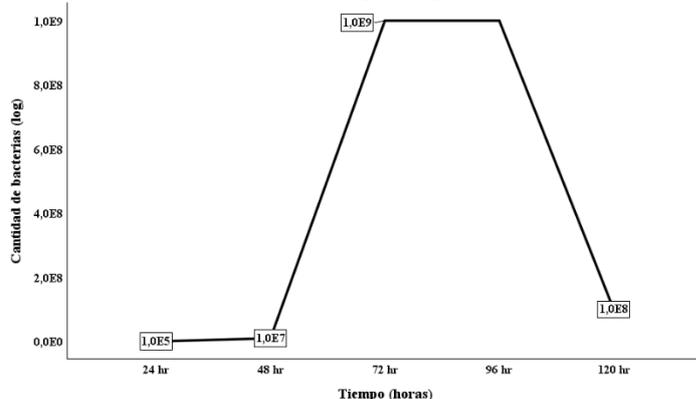
El crecimiento óptimo para llegar a la concentración de  $1,041 \times 10^9$  UFC/ml fue a las 72 horas. La



curva de crecimiento mostrada en (Figura 2) refleja las cuatro fases características del crecimiento bacteriano descritas por Maier & Pepper (2015): fase de latencia, fase de crecimiento exponencial, fase estacionaria y fase de declinación. Estas fases se observan tanto en condiciones de laboratorio como en el entorno natural, dentro del marco de la dinámica de crecimiento microbiano.

En las primeras 24 horas, se identificó la fase de latencia, donde las bacterias presentan un crecimiento lento mientras se adaptan al medio, alcanzando una concentración de  $4,08 \times 10^5$  UFC/ml. Entre las 48 y 72 horas se desarrolló la fase exponencial, caracterizada por un crecimiento acelerado de la población bacteriana que llega a  $1,041 \times 10^9$  UFC/ml. Posteriormente, entre las 72 y 96 horas, se presentó la fase estacionaria, donde el crecimiento bacteriano se estabiliza y la curva alcanza un equilibrio. Los resultados obtenidos en este experimento difieren a los hallados por Viteri (2020), quien observó un comportamiento diferente en el crecimiento de *Bacillus spp.* mediante conteo en la cámara de Neubauer. Este investigador reportó fases de crecimiento más rápidos de los *Bacillus spp.* en las primeras 4 horas, esto se puede dar por algunos factores como la temperatura, aireación y nutrientes, mientras que Liñán (2019) demostró un mayor crecimiento de los *Bacillus spp.* en medios ricos en nutrientes como el Agar Soya Triptocaseína (TSA) y Man, Rogosa y Sharpe (MRS), donde quedó demostrado que las cepas de *Bacillus spp.* crecieron más en el TSA, por el uso de proteína vegetal y nutrientes esenciales. Esto coincide con los resultados de esta investigación y lo señalado por Zhurbenko et al. (2006), quienes destacaron que la peptona de soya proporciona una amplia gama de nutrientes como proteínas, carbohidratos y vitaminas, por lo que constituye una excelente base nutritiva para el cultivo de los microorganismos.

**Figura 2** Curva de crecimiento del consorcio bacteriano La gráfica muestra la evolución del crecimiento bacteriano en función del tiempo, representando las fases características del crecimiento microbiano.



### Efecto del Consorcio Bacteriano a Base de *Bacillus spp.* en Materia Orgánica (MO)

En el análisis de concentración de materia orgánica (MO) los tratamientos mostraron diferencias significativas según las distintas dosis del consorcio bacteriano basado en *Bacillus spp* ( $p < 0,05$ ) (Tabla 3). Según Hernández (2019), *Bacillus licheniformis* y *Bacillus subtilis* son efectivos en la biodegradación, alcanzando un 70% de reducción de MO en un microcosmos enriquecido (90 días,  $30 \pm 2^\circ\text{C}$ , flujo de 3L/h). En este experimento con una duración de 20 días, difiere del anterior, ya que solo se logró una reducción del 3,86% en el T3 lo que representa el 63% menos de MO bajo condiciones específicas, con fuentes de nitrógeno y fósforo, esto puede deberse a que no se trabajó con flujo continuo de agua, que también ayuda a reducir la cantidad de nutrientes, aun así, los resultados son prometedores, ya que se logró disminuir la cantidad de materia orgánica acumulada en el sedimento.

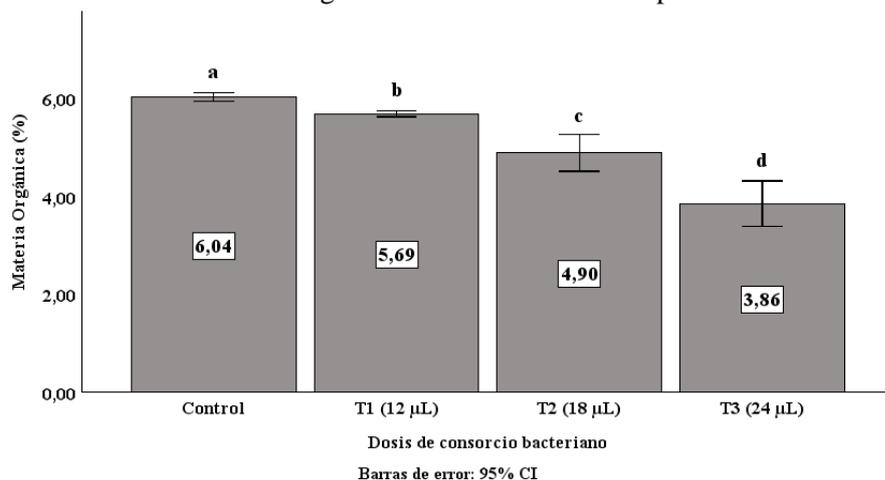
**Tabla 3** ANOVA de un factor entre grupos para comparar las concentraciones de MO entre las diferentes dosis del consorcio bacterias de *Bacillus spp*

ANOVA					
Materia Orgánica (%)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	8,456	3	2,819	186,978	<,001
Dentro de grupos	,121	8	,015		
Total	8,577	11			

El gráfico (Figura 3) ilustra la media porcentual de materia orgánica (MO) En función de las distintas dosis aplicadas en un consorcio bacteriano, con barras de error que representan el intervalo de confianza al 95%. El tratamiento control presentó al final del ensayo la mayor concentración de MO, con un valor promedio de 6,04% seguido del tratamiento T1 (12  $\mu\text{L}$ ), que mostró una leve disminución con una media de 5,69%. En el tratamiento T2 (18  $\mu\text{L}$ ), se observó una reducción alcanzando un promedio de 4,90%. Finalmente, el tratamiento T3 (24  $\mu\text{L}$ ) registró 3,86% MO, lo que evidencia el efecto más pronunciado del consorcio bacteriano en la disminución de la materia orgánica a medida que aumenta la concentración de bacterias. Esta disminución del 2,54% de MO en los análisis representa el 63% de reducción de MO. Estos resultados concuerdan con Oliveira (2021), quien demostró que la aplicación de bacterias del género *Bacillus* (producto BioPlus® PS) en sedimentos de policultivo de camarón (*Litopenaeus vannamei*) logró una reducción significativa de MO y mejoró la composición microbiana

del sustrato. Bazurto (2020) también reportó que la inclusión de productos con *Bacillus spp.* en el alimento, en proporciones del 1,5 % y 2,5 %, disminuyó la MO en estanques y mejoró el factor de conversión, logrando una reducción del 3 % de MO corroborando la capacidad de biorremediación de las cepas de *Bacillus* en condiciones controladas.

**Figura 3** Efecto de diferentes dosis del consorcio bacteriano sobre el contenido de MO en muestras de sedimento de piscina camaronera en un modelo in vitro. Distintas dosis del consorcio afectan la concentración de materia orgánica en los sedimentos de piscina camaronera.



## CONCLUSIONES

Este estudio valida la efectividad de un consorcio de *Bacillus spp.* aislados del manglar en la biodegradación de materia orgánica en sedimentos acuícolas a baja salinidad, demostrando una reducción significativa de la materia orgánica en comparación con el grupo control. La dosis de 24 µL fue la más eficiente, lo que representa el uso 3L/ha. Y constituye una estrategia eficaz para la reducción de materia orgánica en sedimentos acuícolas a baja salinidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allard, S., Costa, M., Bulseco, A., Helfer, V., Wilkins, L., Hassenrück, C., Zengler, K., Zimmer, M., Erazo, N., Mazza, J., Duke, N., Melo, V., Vanwonderghem, I., Junca, H., Makonde, H., Jiménez, D., Tavares, T., Fusi, M., Daffonchio, D., Bowman, J. (2020). Introducing the Mangrove Microbiome Initiative: Identifying Microbial Research Priorities and Approaches To Better Understand, Protect, and Rehabilitate Mangrove Ecosystems. *MSystems*, 5(5).

<https://doi.org/https://doi.org/10.1128/msystems.00658-20>



- Alori, E., Gabasawa, A., Elenwo, C., & Agbeyegbe, O. (2022). Bioremediation techniques as affected by limiting factors in soil environment. *Frontiers in Soil Science*, 2, 937186.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.3389/FSOIL.2022.937186/BIBTEX>
- Arias, F., & Zambrano, A. (2022). *Efecto de la resuspensión de sedimentos en la calidad de agua en estanques de cultivo de Litopenaeus Vannamei. (Tesis de grado)* [Universidad Técnica de Machala].  
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/21045>
- Barman, D. (2020). Bioremediation of Waste Waters and Application in Aquaculture - A Mini Review. *Research Biotica*, 2(1), 20–25. <https://doi.org/https://doi.org/10.54083/ResBio.2.1.2020.20-25>
- Barrezueta-Unda, S., Cervantes-Alava, A., Ullauri-Espinoza, M., Barrera-Leon, J., & Condoy-Gorotiza, A. (2020). Evaluación del método de ignición para determinar materia orgánica en suelos de la provincia El Oro-Ecuador. *FAVE Sección Ciencias Agrarias*, 19(2), 25–36.  
<https://doi.org/10.14409/FA.V19I2.9747>
- Bazurto, J. (2020). *Prevención de la proliferación de patógenos mediante la acción de los microorganismos en el suelo de piscinas camaroneras. (Tesis de grado)*. [Universidad Técnica de Machala].  
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16107>
- Burbano-Gallardo, E., Nivia-Duque, G., Imues-Figueroa, M., Gonzalez-Legarda, E., Delgado-Gómez, M., & Pantoja-Díaz, J. (2021). Efecto de cultivos piscícolas en los sedimentos y la proliferación de comunidades bacterianas nitrificantes en el lago Guamuez, Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(2).  
[https://doi.org/https://doi.org/10.21930/rcta.vol22\\_num2\\_art:1581](https://doi.org/https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num2_art:1581)
- Cámara Nacional de Acuicultura. (2024). Acuicultura la voz oficial del sector. *Revista Acuicultura - Cámara Nacional de Acuicultura*. <https://www.cna-ecuador.com/revista-acuicultura/>
- Caramuti, V., Ruiz, M., Gallace, M., & Dalmasso, L. (2020). Microscopía para laboratorios cerveceros. In *Microbiología Cervecera: Manual teórico práctico*. Universidad Nacional de La Pampa. Facultad de Agronomía.  
<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/162571>



- Castro, J. L. (2021). *Análisis comparativo de dos bacterias (Pro 4000x y Hgs7) utilizadas en procesos de biorremediación en las piscinas del cultivo de Litopenaeus vannamei de la empresa acuícola San Andrés (El Oro) (Tesis de grado)*. [Universidad Católica de Santiago de Guayaquil].  
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/17185/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-180.pdf>
- Chaverra-Garcés, S. (2022, June 16). Acumulación de sólidos, un aspecto crítico en los sistemas acuícolas intensivos: alternativas para una gestión sostenible. *Orinoquia*, 26(1), 53–64.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.22579/20112629.731>
- Chhetri, B., Silwal, P., Jyapu, P., Maharjan, Y., Lamsal, T., & Basnet, A. (2022). Biodegradation of Organic Waste Using Bacillus Species Isolated From Soil. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*, 10(2), 104–111.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.3126/IJASBT.V10I2.44303>
- Colette, M., Guentas, L., Patrona, L. D., Ansquer, D., & Callac, N. (2023). Dynamic of active microbial diversity in rhizosphere sediments of halophytes used for bioremediation of earthen shrimp ponds. *Environmental Microbiome*, 18(1).  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s40793-023-00512-x>
- Correa, H., Berrué, F., Haltli, B., Duque, C., & Kerr, R. (2023). Rápida construcción de una librería de los productos de cultivo de 14 bacterias del Phylum firmicutes simbiontes del octocoral *Pseudopterogorgia elisabethae* de la isla de providencia (caribe sur-occidental). *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 35(136), 337–348.  
[https://doi.org/https://doi.org/10.18257/raccefyn.35\(136\).2011.2516](https://doi.org/https://doi.org/10.18257/raccefyn.35(136).2011.2516)
- Drózd, D., Malińska, K., Mazurkiewicz, J., Kacprzak, M., Mrowiec, M., Szczypiór, A., Postawa, P., & Stachowiak, T. (2020). Fish pond sediment from aquaculture production – current practices and the potential for nutrient recovery: a Review. *International Agrophysics*, 34(1), 33–41.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.31545/intagr/116394>
- Galicia-Jiménez, M., Sandoval-Castro, C., Rojas-Herrera, R., & Magaña-Sevilla, H. (2011). Quimiotaxis bacteriana y flavonoides: perspectivas para el uso de probióticos. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(3), 891–900.



[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-04622011000300002&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000300002&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

Gonzabay, Á., Vite, H., Garzón, V., & Quizhpe, P. (2021). Análisis de la producción de camarón en el Ecuador para su exportación a la Unión Europea en el período 2015-2020. *Dialnet*, 6(9), 1040–1058.

<https://doi.org/https://doi.org/10.23857/pc.v6i9.3093>

Guerrero, V. (2023). *Uso de bacterias biorremediadoras para reducir la materia orgánica en los cultivos de camarón blanco (Litopenaeus vannamei)*. (Tesis de grado) [Universidad Técnica de Machala].

[https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/22688/1/Trabajo\\_Titulacion\\_2917.pdf](https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/22688/1/Trabajo_Titulacion_2917.pdf)

Hasibuan, S., Syafridiman, S., Aryani, N., Fadhli, M., & Hasibuan, M. (2023). The age and quality of pond bottom soil affect water quality and production of *Pangasius hypophthalmus* in the tropical environment. *Aquaculture and Fisheries*, 8(3), 296–304.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aaf.2021.11.006>

Hernández, Y. (2019). *Uso de Bacillus coagulans para la biorremediación de sedimento contaminado por hidrocarburos en el ejido el Sacrificio Tuxpan, Veracruz*. (Tesis de grado). [Universidad Veracruzana].

<https://www.uv.mx/pozarica/egia/files/2019/09/GIAM-2018-2019-Yolanda-Hernandez.pdf>

Hlordzi, V., Kuebutornye, F., Afriyie, G., Abarike, E., Lu, Y., Chi, S., & Anokyewaa, M. (2020, November 1). The use of *Bacillus* species in maintenance of water quality in aquaculture: A review. *Aquaculture Reports*, 18, 100503.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100503>

Husain, R., Vikram, N., Yadav, G., Kumar, D., Pandey, S., Patel, M., Khan, N., & Hussain, T. (2022). Microbial bioremediation of heavy metals by Marine bacteria. *Development in Wastewater Treatment Research and Processes: Microbial Degradation of Xenobiotics through Bacterial and Fungal Approach*, 177–203.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85839-7.00014-1>



Jiménez-Delgadillo, R., Valdés-Rodríguez, S. E., Olalde-Portugal, V., Abraham-Juárez, R., García-Hernández, J. L., Jiménez-Delgadillo, R., Valdés-Rodríguez, S. E., Olalde-Portugal, V., Abraham-Juárez, R., & García-Hernández, J. L. (2018). Effect of pH, temperature and water activity on the inhibition of *Botrytis cinerea* by *Bacillus amyloliquefaciens* isolates. *Redalyc*, *11*(9), 2210–2217.

<https://doi.org/https://doi.org/10.5897/ajb11.645>

Kim, J., Kim, Y., Park, S., Kim, T., Kim, B., Kang, D., & Rho, T. (2021). Impact of aquaculture on distribution of dissolved organic matter in coastal Jeju Island, Korea, based on absorption and fluorescence spectroscopy. *Environmental Science and Pollution Research*, *29*(1), 553–563.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11356-021-15553-3>

Liñán, M. (2019). *Evaluación de un consorcio de Bacillus sp. sobre la fermentación de salvado de arroz y su efecto en el cultivo de camarón blanco Litopenaeus vannamei. (Tesis de Posgrado)* [Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste].

<http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/3006>

Lopes, G. (2021). *Estratégias de biorremediação de sedimentos em viveiros de piscicultura com bactérias do gênero Bacillus: estudo em escala laboratorial*. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS.

Maier, R., & Pepper, I. (2015). Bacterial Growth. *Environmental Microbiology: Third Edition*, 37–56.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394626-3.00003-X>

Mendes, H. (2021). *Redução de matéria orgânica com aplicação de Bacillus subtilis e B. licheniformis em sedimentos provenientes de viveiro de policultivo de Litopenaeus vannamei com Oreochromis niloticus (Tesis de maestría)*. [Universidad Federal de Santa Catarina].

<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/230891>

Mishra, M., Singh, S., & Kumar, A. (2021). Environmental factors affecting the bioremediation potential of microbes. *Microbe Mediated Remediation of Environmental Contaminants*, 47–58.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821199-1.00005-5>

Navarrete, J., Noles, P., Delgado, C., Hernández, N., & Guerrero-Ríos, R. (2022, March 7).

Biorremediación de efluentes del cultivo de camarón por medio de consorcios microbianos



autóctonos y microalgas nativas en Manabí, Ecuador. *AquaTechnica: Revista Iberoamericana de Acuicultura.*, 4(1), 53–65.

<https://doi.org/https://doi.org/10.33936/at.v4i1.4635>

Oliveira, H. (2021). *Redução de matéria orgânica com aplicação de Bacillus subtilis e B. licheniformis em sedimentos provenientes de viveiro de policultivo de Litopenaeus vannamei com Oreochromis niloticus.* (Tesis de maestría). [Universidade Federal de Santa Catarina].

<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/230891>

Pal, A., Singh, J., Soni, R., Tripathi, P., Kamle, M., Tripathi, V., & Kumar, P. (2020, January 1). The role of microorganism in bioremediation for sustainable environment management. *Bioremediation of Pollutants: From Genetic Engineering to Genome Engineering*, 227–249.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819025-8.00010-7>

Pedraza, L., López, C., & Uribe-Velez, D. (2020). Mecanismos de acción de Bacillus spp. (Bacillaceae) contra microorganismos fitopatógenos durante su interacción con plantas. *Acta Biológica Colombiana*, 25(1), 112–125.

<https://doi.org/https://doi.org/10.15446/abc.v25n1.75045>

Prasad, S., Balakrishna, Ch., Yeshdas, B., Ravinder, B., Mahesh, R., Bhanu, Ch., Kummari, S., & Rajender, B. (2021). A review on resilience of microbes in aquatic environment. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 9(2), 1403–1410.

<https://doi.org/https://doi.org/10.22271/j.ento.2021.v9.i2q.8659>

Rodríguez, G., Gómez, A., Anaya, J., Velásquez, C., & Miniet, A. (2021). Elaboración de medios de cultivo alternativos y viables para el crecimiento microbiano del Bacillus Subtilis: Development of alternative and viable culture media for the microbial growth of Bacillus Subtilis. *La U Investiga*, 8(1), 86–94.

<https://doi.org/https://doi.org/10.53358/lauinvestiga.v8i1.472>

Shivalkar, S., Vishal, S., Amaresh, S., Sintu, S., & Pavan, G. (2021). Bioremediation: a potential ecological tool for waste management. *Bioremediation for Environmental Sustainability: Approaches to Tackle Pollution for Cleaner and Greener Society*, 1–21.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820318-7.00001-0>



- Soltani, M., Ghosh, K., Hoseinifar, S., Kumar, V., Lymbery, A., Roy, S., & Ringø, E. (2019). Genus bacillus, promising probiotics in aquaculture: Aquatic animal origin, bio-active components, bioremediation and efficacy in fish and shellfish. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 27(3), 331–379. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/23308249.2019.1597010>
- Viteri, C. (2020). *Curvas de crecimiento de Bacillus subtilis a través de las técnicas para el crecimiento microbiano y para la curva de consumo de sustrato. (Tesis de grado)*. [Universidad de las Américas].  
[https://www.udocz.com/apuntes/712795/crecimiento-b-subtilis#goog\\_rewarded](https://www.udocz.com/apuntes/712795/crecimiento-b-subtilis#goog_rewarded)
- Zhou, S., Zhou, H., Xia, S., Ying, J., Ke, X., Zou, S., Xue, Y., & Zheng, Y. (2021). Efficient biodegradation of food waste through improving the microbial community compositions by newly isolated Bacillus strains. *Bioresource Technology*, 321, 124451.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2020.124451>
- Zhurbenko, R., Rodríguez, C., Días, M., Durán, A., López, O., & Viera, D. (2006). Caracterización de la peptona de soya para el cultivo de microorganismos. *REV CUBANA MED TROP*, 58(2), 109–127.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0375-07602006000200003#:~:text=En%20general%2C%20la%20peptona%20de,cultivo%20de%20os%20microorganismos%20fastidiosos](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-07602006000200003#:~:text=En%20general%2C%20la%20peptona%20de,cultivo%20de%20os%20microorganismos%20fastidiosos)

