

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y CIENCIAS DEL
MAR
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA PESQUERA
ACUÍCOLA



**Crecimiento de bacterias probióticas utilizando dos fuentes de
carbono y remoción de nitrógeno amoniacal total en el cultivo de
*Litopenaeus vannamei***

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Pesquero Acuícola

Autores:

Br. Angel Joel Silva Pinzón

Br. Segundo Wuilmer Majuan Neyra

Tumbes, 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y CIENCIAS DEL
MAR



Crecimiento de bacterias probióticas utilizando dos fuentes de carbono y remoción de nitrógeno amoniacal total en el cultivo de *Litopenaeus vannamei*

Tesis aprobada en forma y estilo por:

Mg. Milton Sandro Sócola Sunción


PRESIDENTE

Mg. Paul Ricardo Noblecilla Retamozo


SECRETARIO

Dr. David Edilberto Saldarriaga Yacila


VOCAL

Tumbes, 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y CIENCIAS DEL
MAR



Crecimiento de bacterias probióticas utilizando dos fuentes de carbono y remoción de nitrógeno amoniacal total en el cultivo de *Litopenaeus vannamei*

Los suscritos declaramos que la tesis es original en su contenido y forma:

Br. Angel Joel Silva Pinzón

Autor

Br. Segundo Wuilmer Majuan Neyra

Autor

Dr. David Edilberto Saldarriaga Yacila
ORCID: 0000-0001-8870-2020

Asesor

Ing. José Alberto Serna Cruz
ORCID: 0000-0002-8508-0518

Co-asesor

Mg. María Zoraida Ubillús Bravo
ORCID: 0000-0001-8133-5387

Co-asesora

Tumbes, 2025

ACTA DE SUSTENTACIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
VICERRECTORADO ACADEMICO
FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA Y CIENCIAS DEL MAR

"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puerto Pizarro, el día veinticuatro del mes de octubre del dos mil veinticinco, siendo las doce horas y media, en el aula A-3 de la Facultad de Ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar de la UNTUMBES, se reunieron el Jurado Calificador, designado con Resolución N° 017-2024/UNTUMBES-FIPCM-D, Mg. MILTON SANDRO SÓCOLA SUNCIÓN (Presidente), Mg. PAUL RICARDO NOBLECILLA RETAMOZO (Secretario) y Dr. DAVID EDILBERTO SALDARRIAGA YACILA (Vocal – asesor, CODIGO ORCID N° 000-0001-8870-2020) y al Ing. JOSÉ ALBERTO SERNA CRUZ (CODIGO ORCID N° 0000-0002-8508-0518) y Mg. Mg. MARÍA ZORAIDA UBILLUS BRAVO (CODIGO ORCID N° 0000-0001-8133-5387) como Coasesores, luego de la presentación, se procedió a evaluar, calificar y deliberar la sustentación de la tesis, titulada: "Crecimiento de bacterias probióticas con dos fuentes de carbono y remoción de nitrógeno amoniacal total en agua de cultivo de *Litopenaeus vannamei*", para optar el Título Profesional de INGENIERO PESQUERO ACUICOLA, presentado por los:

Br. ANGEL JOEL SILVA PINZÓN y Br. SEGUNDO WUILMER MAJUAN NEYRA

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas, por parte de los sustentantes y después de la deliberación, el jurado, según el artículo N° 75 del Reglamento de la Universidad Nacional de Tumbes, declara a los Bachilleres:

ANGEL JOEL SILVA PINZÓN APROBADO con calificativo: Muy BUENA

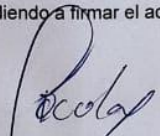
SEGUNDO WUILMER MAJUAN NEYRA APROBADO con calificativo: Muy BUENA

Se hace conocer a los sustentantes, que deberán levantar las observaciones finales hechas al informe final de tesis, que el Jurado le indica.

En consecuencia, quedan EXPEDITOS para continuar con los trámites correspondientes a la obtención del título profesional de Ingeniero Pesquero Acuicola, de conformidad con lo estipulado en la Ley Universitaria N° 30220, el Estatuto, Reglamento General de la UNTUMBES, Reglamento General de Grados y Títulos y Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes.

Siendo las trece horas y treinta minutos del mismo día, se dio por concluida la ceremonia académica, procediendo a firmar el acta de sustentación.

Tumbes, 24 de octubre 2025


Mg. MILTON S. SOCOLA SUNCION
CODIGO ORCID N° 000-0001-9392-5499
DNI. N° 00241901
Presidente


Mg. PAUL R. NOBLECILLA RETAMOZO
CODIGO DE ORCID N° 0000-0003-1901-7462
DNI. N° 00371122
Secretario


Dr. DAVID E. SALDARRIAGA YACILA
CODIGO ORCID N° 0000-0001-8870-2020
DNI. N° 00320899
Vocal y Asesor

C.C.:
- Jurado (03) - Asesor: Dr. DAVID SALDARRIAGA Y. Coasesores Ing. JOSE SERNA C. Mg. MARIA UBILLUS B.
- Interesados - Archivo Decanato.

Los Ceibos S/N. Puerto Pizarro. Tumbes – Perú

17% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Fuentes principales

- 13%  Fuentes de Internet
- 7%  Publicaciones
- 10%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)



Dr. DAVID EDILBERTO SALDARRIAGA YACILA
ASESOR

ORCID N° 0000-0002-4919-8607

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 13% Fuentes de Internet
- 7% Publicaciones
- 10% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Dr. DAVID EDILBERTO SALDARRIAGA YACILA
ASESOR
ORCID N° 0000-0002-4919-8607

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	repositorio.untumbes.edu.pe	2%
2	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2025-09-01	1%
3	Internet	aquahoy.com	<1%
4	Internet	docs.bvsalud.org	<1%
5	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2018-11-04	<1%
6	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2018-09-20	<1%
7	Internet	pdffox.com	<1%
8	Internet	alicia.concytec.gob.pe	<1%
9	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2025-07-31	<1%
10	Internet	ecosur.repositorioinstitucional.mx	<1%
11	Internet	repositorio.espe.edu.ec	<1%

12	Trabajos del estudiante	Pontificia Universidad Catolica del Peru on 2015-07-26	<1%
13	Trabajos del estudiante	Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) - Sede Ecuador on 2021-0...	<1%
14	Publicación	Jose Velazquez Varela. "ESTUDIO DE LOS ESPECTROS DIELECTRICOS EN ALIMENTO...	<1%
15	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2018-08-01	<1%
16	Publicación	Victor Eduardo Romero Cueva, Jimmy Rafael Landaburú Mendoza, Marlyn Elizabe...	<1%
17	Publicación	L.H. Ho, N.A. Abdul Aziz, Rajeev Bhat, B. Azahari. "Storage studies of bread prepar...	<1%
18	Publicación	J. A. Vázquez-Ovando, J. G. Rosado-Rubio, L. A. Chel-Guerrero, D. A. Betancur-Anco...	<1%
19	Internet	www.coursehero.com	<1%
20	Internet	es.scribd.com	<1%
21	Internet	www.globalseafood.org	<1%
22	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2025-08-04	<1%
23	Internet	repositorio.uns.edu.pe	<1%
24	Publicación	Dominique Gautier. "The use of mangrove wetland as a biofilter to treat shrimp p...	<1%
25	Internet	repositorio.unsch.edu.pe	<1%

26	Internet	www.scribd.com	<1%
27	Publicación	Ferrán Llario Sempere. "IMPORTANCIA DE LOS MICROORGANISMOS EN LA PROD...	<1%
28	Internet	purl.org	<1%
29	Internet	1library.co	<1%
30	Publicación	Alex Olivera D, Emilio Aranda I, Jesus Ramos J, Luis Vargas V, Juan Zaldivar C, Ger...	<1%
31	Internet	issuu.com	<1%
32	Internet	www.grafiatl.com	<1%
33	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2018-07-14	<1%
34	Internet	cahfsa.org	<1%
35	Internet	cybertesis.uni.edu.pe	<1%
36	Internet	repository.ugc.edu.co	<1%
37	Internet	fmvz.uat.edu.mx	<1%
38	Internet	repositorio.lamolina.edu.pe	<1%
39	Internet	riunet.upv.es	<1%

40	Internet	www.fosjc.unesp.br	<1%
41	Internet	www.jove.com	<1%
42	Publicación	Carlos Sangoquiza-Caiza, Jose Zambrano-Mendoza, Misterbino Borgues-García, K...	<1%
43	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo on 2025-11-07	<1%
44	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2025-08-04	<1%
45	Publicación	Yoritoki Tomotake. "Dynamics of bone marrow pressure with tapping of titanium..."	<1%
46	Internet	pesquisa.bvsalud.org	<1%
47	Internet	repositorio.unal.edu.co	<1%
48	Internet	www.fondap.cl	<1%
49	Internet	www.slideshare.net	<1%
50	Internet	www.spb.gba.gov.ar	<1%
51	Internet	www.tdx.cat	<1%
52	Internet	www.ugr.es	<1%
53	Publicación	Baccour, Safa Murillo, José Albiac Gracia, Encarna Esteban. "Hydroeconomic M..."	<1%

54	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2025-10-26	<1%
55	Publicación	Zribi, Wided. "Efectos del acolchado sobre distintos parámetros del suelo y de la n..."	<1%
56	Internet	doaj.org	<1%
57	Internet	fb.riss.kr	<1%
58	Internet	repositorio.unides.edu.ni	<1%
59	Internet	worldwidescience.org	<1%
60	Internet	www.marihuana cultivo.com	<1%
61	Trabajos del estudiante	Caribbean University on 2023-08-03	<1%
62	Trabajos del estudiante	ITESM: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey on 2023-12-15	<1%
63	Publicación	de Takahashi, Alejandra Graciela Martinez Grimaldo. "Relaciones Sociales De Pod..."	<1%
64	Internet	hdl.handle.net	<1%

DEDICATORIA

Este informe está dedicado con infinito amor y gratitud a mi madre, Rafaela del Pilar Pinzón Miñán, cuyo esfuerzo, sacrificio y amor incondicional han sido el motor principal para alcanzar esta meta. Su fortaleza y ejemplo han iluminado mi camino, inspirándome a seguir adelante incluso en los momentos más difíciles. Asimismo, extiendo mi dedicatoria a mis queridas tías, Jazmín Pinzón Miñán y Lilly Pinzón Miñán, por su invaluable apoyo económico durante mi formación profesional, así como por sus sabios consejos y constante motivación. Su fe en mis capacidades y su aliento permanente me impulsaron a no rendirme y a perseverar en el camino correcto.

Br. Angel Joel Silva Pinzón

Este informe está dedicado a Dios, fuente de sabiduría, fortaleza y guía en cada paso de mi vida. A mis amados padres, Wuilmer M. M. y Perla Noemí N. P., quienes con su amor, sacrificio y apoyo incondicional han sido mi mayor inspiración. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y por estar siempre a mi lado en cada desafío y en cada triunfo. Y a mi querida abuela, Jesús M. C., por su apoyo incondicional, su cariño y sus palabras de aliento, que siempre han sido una fuente de fortaleza y motivación para mí. A todos ustedes, con todo mi amor y gratitud.

Br. Segundo Wuilmer Majuan
Neyra.

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento al Dr. David Edilberto Saldarriaga Yacila, quien, como nuestro asesor principal, nos brindó su apoyo constante a lo largo del desarrollo de esta investigación. Sus valiosos consejos y recomendaciones, así como su calidad humana y profesionalismo, fueron fundamentales para la realización de este trabajo.

De igual manera, agradecemos profundamente al Ing. José Alberto Serna Cruz, coasesor y coordinador del laboratorio AgroAcuAnálisis S.R.L., por su apoyo incondicional y la disposición de los servicios del laboratorio, lo que permitió llevar a cabo la ejecución y elaboración de este informe con los estándares necesarios.

A la coasesora Mg. María Zoraida Ubillús Bravo, extendemos nuestro agradecimiento por sus acertadas recomendaciones y guía durante el transcurso de nuestra investigación. Su compromiso y dedicación fueron claves para afrontar los desafíos encontrados en el camino.

A todos ellos, nuestro más profundo agradecimiento por haber contribuido de manera significativa a este logro. Sus enseñanzas y apoyo han dejado una huella imborrable en nuestra formación profesional.

ÍNDICE

RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xix
I. INTRODUCCIÓN.....	20
II. REVISIÓN DE LITERATURA	22
2.1. BASES TEÓRICO CIENTÍFICAS	22
3.1.1. Contaminación de los ecosistemas acuáticos por efluentes de la industria langostinera	22
3.1.2. Compuestos nitrogenados.....	22
3.1.3. Biorremediación.....	23
3.1.4. Bacterias nitrificantes.....	23
3.1.5. Melaza y dextrosa como fuentes de carbono	23
3.2. Antecedentes.....	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	28
3.2. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	28
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO	29
3.4. MÉTODOS	29
3.4.1. Preparación de medios de cultivo.....	29
3.4.2. Obtención de agua de efluentes de cultivo semi-intensivo	30
3.4.3. Toma de muestra inicial de agua de efluente	30
3.4.4. Bacterias probióticas comerciales y fuentes de carbono	31
3.4.5. Preparación del bioactivador	31
3.4.6. Preparación de fuentes de carbono.....	31
3.4.7. Condiciones experimentales.....	32
3.5. Crecimiento de bacterias probióticas usando fuentes de carbono	32

3.5.1.	Inoculación de agua de efluente	32
3.5.2.	Recuento bacteriano.....	32
3.6.	Registro de parámetros fisicoquímico.....	33
3.6.1.	Determinación del porcentaje de remoción del TAN.....	34
3.7.	Procesamiento y análisis de datos	34
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
4.1.	Crecimiento bacteriano.....	35
4.2.	Parámetros físicoquímicos	36
4.3.	Remoción de nitrógeno amoniacal total.....	39
V.	CONCLUSIONES.....	42
VI.	RECOMENDACIONES	43
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
	ANEXOS	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Instrumento y métodos utilizados para el registro de parámetros fisicoquímicos.....	33
Tabla 2. Crecimiento bacteriano (UFC/mL) del agua de efluente del cultivo de <i>Litopenaeus vannamei</i>	35
Tabla 3. Niveles promedios de parámetros fisicoquímicos del agua de efluente del cultivo de <i>Litopenaeus vannamei</i>	37
Tabla 4. Remoción de TAN del agua de efluente del cultivo de <i>Penaeus vannamei</i>	39
Tabla 5. Registro de datos de recuentos bacterianos del agua de efluente de cultivo semi-intensivo <i>L. vannamei</i> por tratamiento al final del estudio	57
Tabla 6. Registro de parámetros físico-químicos del agua de efluente de cultivo semi-intensivo <i>L. vannamei</i> por tratamiento al final del estudio	58
Tabla 7. Datos descriptivo de los recuentos bacterianos del agua de efluente de cultivo semi-intensivo <i>L. vannamei</i> por tratamiento al final del estudio	59
Tabla 8. Datos descriptivos de parámetros físico-químicos del agua de efluente de cultivo semi-intensivo <i>L. vannamei</i> por tratamiento al final del estudio	60
Tabla 9. Análisis de varianza (ANOVA de un factor) de los datos de recuentos bacterianos del agua de efluente de cultivo semi-intensivo <i>L. vannamei</i> por tratamiento al final del estudio.....	61
Tabla 10 Análisis de varianza (ANOVA de un factor) de parámetros físico-químicos del agua de efluente de cultivo semi-intensivo <i>L. vannamei</i> por tratamiento al final del estudio.....	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Lugar de ejecución de la investigación.....	28
Figura 2. Comparación del TAN, amonio y amoniaco en los tratamientos y control	40
Figura 3. Recolección de agua de efluente utilizando un bidón.....	51
Figura 4. Vertido del agua de efluente en un tanque, donde se tomaron muestras para el análisis inicial.....	51
Figura 5. Probiótico comercial HGS-7 “Plus”, con detalles de su composición ..	52
Figura 6. Fuentes de carbono: melaza y dextrosa preparadas a 100 mL en matraces de 200 mL.....	53
Figura 7. Acondicionamiento de las unidades experimentales	53
Figura 8. Inoculación de fuente de carbono y bacterias probioticas comerciales en las unidades experimentales	54
Figura 9. Análisis microbiológicos	54
Figura 10. Análisis de TAN (Nitrógeno Amoniacal Total).....	55

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Fotografías de la ejecución de la tesis	51
Anexo 2. Relación de Temperatura y pH para determinar el % de amoníaco	56
Anexo 3. Análisis estadísticos	57

Crecimiento de bacterias probióticas utilizando dos fuentes de carbono y remoción de nitrógeno amoniacal total de cultivo de *Litopenaeus vannamei*

Estd. Angel Joel Silva Pinzón¹

Estd. Segundo Wuilmer Majuan Neyra¹

Dr. Saldarriaga Yacila David Edilberto²

Mg. Ubillús Bravo María Zoraida²

Ing. Serna Cruz José Alberto³

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la melaza y la dextrosa como fuentes de carbono en el crecimiento poblacional de bacterias probióticas y la eficiencia de remoción de nitrógeno amoniacal total (TAN) en efluentes de cultivo semi-intensivo de *Litopenaeus vannamei*. El estudio se desarrolló en el Laboratorio AgroAcuAnálisis S.R.L., en Tumbes, bajo un diseño experimental Completamente al Azar con tres tratamientos: T1 (melaza + bacterias probióticas), T2 (dextrosa + bacterias probióticas) y un control (sin adición de fuentes de carbono ni bacterias probióticas), cada uno con tres repeticiones. Se trabajó con nueve baldes de 10 litros de capacidad, a los que se añadieron 3 litros de efluentes y se inocularon 1 mL/L de fuentes de carbono y bacterias probióticas comerciales (*Bacillus subtilis*, *Lactobacillus lactica*, *Nitrosomonas* sp. y *Nitrobacter* sp.) a una concentración aproximada de 10^8 UFC/mL. Después de 48 horas se observó un mayor ($p < 0,05$) crecimiento de bacterias de los géneros *Vibrio*, *Bacillus* y *Lactobacillus* en el T2, alcanzando $2,25 \times 10^5$ UFC/mL, en comparación con T1 y el control. Respecto a la concentración de TAN, no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) entre T1 (1,16 mg/L) y T2 (0,83 mg/L), pero sí con el control (1,7 mg/L). La eficiencia de remoción de TAN mostró diferencias significativas ($p < 0,05$), siendo mayor en T2 (72,56%), seguido por T1 (62,15%) y el control (21,14%). Se concluyó que la dextrosa es una fuente de carbono más eficiente que la melaza, ya que favorece el crecimiento rápido de bacterias heterótrofas y actúa como un bioestimulante, mejorando significativamente la calidad de los efluentes en términos de remoción de TAN.

Palabras clave: acuicultura, efluentes, probióticos, fuentes de carbono, TAN, *Penaeus vannamei*

¹Estudiantes de la Escuela de Ingeniería Pesquera Acuícola de la Universidad Nacional de Tumbes

²Profesores principales de la Facultad de Ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar de la Universidad Nacional de Tumbes. Informe Investigación

³Coordinador de Laboratorio de la empresa AgroAcuAnálisis S.R.L.

Tesis presentada para obtener el título profesional de Ingeniero Pesquero Acuícola

Facultad de Ingeniería Pesquera Acuícola y Ciencias del mar

Escuela Académica Profesional de Ingeniería Pesquera Acuícola

Calle Los Ceibos S/N Puerto Pizarro, Tumbes, Perú

e-mail: silvapinzonangeljoel@gmail.com

e-mail: Majuan.samsung@gmail.com

Growth of probiotic bacteria using two carbon sources and removal of total ammoniacal nitrogen from *Litopenaeus vannamei* culture

Estd. Angel Joel Silva Pinzón¹
Estd. Segundo Wuilmer Majuan Neyra¹
Dr. Saldarriaga Yacila David Edilberto²
Mg. Ubillús Bravo María Zoraida²
Ing. Serna Cruz José Alberto³

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the effect of molasses and dextrose as carbon sources on the population growth of probiotic bacteria and the removal efficiency of total ammonia nitrogen (TAN) in effluents from semi-intensive cultivation of *Litopenaeus vannamei*. The study was developed at the AgroAcuAnálisis S.R.L. Laboratory, in Tumbes, under a Completely Randomized experimental design with three treatments: T1 (molasses + probiotic bacteria), T2 (dextrose + probiotic bacteria) and a control (without addition of carbon sources or probiotic bacteria), each with three replications. Nine 10-litre buckets were used, to which 3 litres of effluent were added and 1 mL/L of carbon sources and commercial probiotic bacteria (*Bacillus subtilis*, *Lactobacillus lactica*, *Nitrosomonas* sp. and *Nitrobacter* sp.) were inoculated at an approximate concentration of 10^8 CFU/mL. After 48 hours, a greater ($p < 0.05$) growth of *Vibrio*, *Bacillus* and *Lactobacillus* bacteria was observed in T2, reaching 2.25×10^5 CFU/mL, compared to T1 and the control. Regarding the TAN concentration, there were no significant differences ($p > 0.05$) between T1 (1.16 mg/L) and T2 (0.83 mg/L), but there were with the control (1.7 mg/L). The TAN removal efficiency showed significant differences ($p < 0.05$), being higher in T2 (72.56%), followed by T1 (62.15%) and the control (21.14%). It was concluded that dextrose is a more efficient carbon source than molasses, since it favors the rapid growth of heterotrophic bacteria and acts as a biostimulant, significantly improving the quality of the effluents in terms of TAN removal.

Keyword: aquaculture, effluents, probiotic, carbon sources, TAN, *Penaeus vannamei*

¹Students from the School of Fisheries and Aquaculture Engineering at the National University of Tumbes

²Leading professors from the Faculty of Fisheries and Marine Sciences at the National University of Tumbes. Research Report

³Laboratory Coordinator of the company AgroAcuAnálisis S.R.L.

Thesis presented to obtain the professional title of Fisheries and Aquaculture Engineer

Faculty of Fisheries and Aquaculture Engineering and Marine Sciences

Professional Academic School of Fisheries and Aquaculture Engineering

Calle Los Ceibos S/N Puerto Pizarro, Tumbes, Perú

e-mail: silvapinzonangeljoel@gmail.com

e-mail: Majuan.samsung@gmail.com

I. INTRODUCCIÓN

El rápido crecimiento de la acuicultura ha provocado graves problemas de contaminación ambiental debido a la mala práctica de manejo de los efluentes, principalmente de los sistemas de precría (*raceways*) y de engorde (intensivos y semi-intensivos). Estos sistemas suelen propiciar la acumulación de materia orgánica en el fondo de los estanques, creando ambientes anaeróbicos en los sedimentos que son evacuados a los ecosistemas naturales, que sirven de sumideros a los efluentes de la industria acuícola.

En Perú, la producción de langostino blanco (*Penaeus vannamei*) ha mostrado un notable crecimiento, concentrándose en la provincia de Tumbes, que representa el 90% de la producción nacional. En esta región se emplean diferentes sistemas de cultivo, incluyendo intensivo, semi-intensivo y extensivo, que utilizan agua proveniente de esteros, mar y canales para sustentar la producción (Autoridad Nacional de Sanidad e Inocuidad en Pesca y Acuicultura [SANIPES], 2020; Ministerio de la Producción [PRODUCE], 2019). Sin embargo, el predominio de sistemas intensivos (González, 2017) y semi-intensivos (Herbozo, 2024) ha generado preocupaciones ambientales.

Entre los problemas más relevantes se encuentra la eutrofización, un fenómeno causado por el exceso de nutrientes como los nitratos y fosfatos (González, 2017; Herbozo, 2024). Este proceso se ve agravado por la descomposición de materia orgánica (Herbozo, 2024), lo que genera compuestos tóxicos como amonio, nitritos y nitratos, los cuales modifican el pH y reduce el oxígeno disuelto, afectando tanto la calidad del agua como la salud y productividad de los langostinos (Torres, 2019). Además, los efluentes provenientes de estas actividades, especialmente en los sistemas semi-intensivos, representan un riesgo significativo para los ecosistemas de manglares y las áreas marinas circundantes, debido a la falta de tratamientos para mitigar su impacto (Herbozo, 2024).

Los efluentes acuícolas presentan una elevada carga contaminante, atribuida en gran medida a la descomposición anaeróbica de materia orgánica acumulada, como restos de alimentos y heces (Kunjiraman et al., 2024). Este proceso genera compuestos nitrogenados, entre ellos el nitrógeno amoniacal total (TAN), que incluye amoníaco no ionizado ($\text{NH}_3\text{-N}$) y amonio ionizado (NH_4^+) (Ibrain, 2024). La acumulación de estos compuestos intensifica los efectos adversos en los ecosistemas acuáticos, afectando su equilibrio y biodiversidad.

Para mitigar estos impactos negativos, se han implementado varios tratamientos de aguas residuales, como sistemas artificiales, biopelículas, hidrófitas, biorreactores de microalgas, diques ecológicos y biofiltros. No obstante, los procesos biológicos basados en la descomposición y el metabolismo de la comunidad microbiana, se consideran las principales vías para la eliminación de contaminantes (Li et al., 2020).

El uso de bacterias eficientes para la biorremediación ha demostrado ser efectivo, de bajo costo y amigable con el medio ambiente. Para acelerar este proceso, se emplean bioestimuladores del microbiota mediante la adición de nutrientes (Toro et al., 2020) como fuentes de carbono (melaza y dextrosa), que incentivan el crecimiento de estas bacterias eficientes (Suita et al., 2015).

La importancia de este estudio radica en la búsqueda de soluciones sostenibles y efectivas para mitigar los impactos ambientales ocasionados por la evacuación de efluentes provenientes de los sistemas de cultivos semi-intensivos e intensivos de producción de langostino. Implementar tratamientos biológicos que mejoren la calidad del agua y reduzcan la contaminación, lo que promueve una práctica acuícola más responsable y sostenible, beneficiando tanto el medio ambiente como la industria langostinera.

En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo general evaluar el crecimiento de bacterias probióticas utilizando dos fuentes de carbono (melaza y dextrosa) y su eficiencia de remoción de nitrógeno amoniacal total en efluentes provenientes de cultivo semi-intensivo de *Penaeus vannamei*.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. BASES TEÓRICO CIENTÍFICAS

3.1.1. Contaminación de los ecosistemas acuáticos por efluentes de la industria langostinera

La actividad de la industria langostinera genera desechos en descomposición a partir de la sobrealimentación, materia fecal y residuos profilácticos y terapéuticos, los que ocasionan el deterioro de la calidad del agua, problemas de salud y la eutrofización de los ecosistemas sumideros de los efluentes acuícolas. Boyd (2019), Chen et al. (2019); Nava (2022), señalan que, los efectos nocivos de los metabolitos tóxicos de los efluentes tales como como el sulfuro de hidrógeno, amonio y dióxido de carbono, generan estrés, enfermedades o en ocasiones elevadas mortalidades en las poblaciones de langostino en cultivo.

3.1.2. Compuestos nitrogenados

Según Torres (2019), los compuestos nitrogenados (amonio, nitritos y nitratos) generados por la descomposición de la materia orgánica, son normalmente tratados con sustancias o compuestos químicos, ocasionando impactos ambientales que afectan a la calidad del agua, suelo, biodiversidad y nutrición de los organismos cultivados. Del mismo modo, Hernández et al. (2019), consideran que, la eutrofización genera compuestos nitrogenados como; amonio, nitrito, nitrato incrementando sus niveles tóxicos, causando elevadas mortalidades dentro de las unidades de producción.

El amonio es uno de los metabolitos tóxicos, producido principalmente por las excreciones de los langostinos y de la materia orgánica en descomposición. Cuando los niveles de temperatura se incrementan y el potencial hidrógeno pH provocan la formación de amonio no ionizado (amoniaco tóxico) que generan estrés, deficiencia en el crecimiento y brotes de enfermedades en los langostinos de cultivo (Peña, 2023).

3.1.3. Biorremediación

Para contrarrestar el efecto de los compuestos generados por los contaminantes endógenos y exógenos en el cultivo de *P. vannamei*, actualmente se reporta que las probióticos (bacterias benéficas) mejoran la calidad del agua, promueven las tasas de crecimiento y supervivencia, mejorando el estado de salud de los langostinos (Dalmin et al., 2001; Toro, 2021). En tal sentido, se infiere que es importante la aplicación de probióticos con la finalidad de mejorar la rentabilidad del cultivo de *P. vannamei*.

El éxito de la biorremediación involucra optimizar las tasas de nitrificación para mantener una concentración baja de amoníaco; optimizar las tasas de desnitrificación para eliminar el exceso de nitrógeno de los estanques como gas nitrógeno, maximizar la oxidación del sulfuro para reducir la acumulación de sulfuro de hidrógeno; propagar la mineralización del carbono a dióxido de carbono para minimizar la acumulación de lodos; lo que permitirá maximizar la productividad primaria que incentiva la producción de langostinos y otros cultivos secundarios, así como mantener en el estanque una comunidad diversa y estable, donde no predominen las especies perjudiciales al cultivo (Fernández et al., 2023).

3.1.4. Bacterias nitrificantes

El enriquecimiento de las comunidades bacterianas de alto rendimiento, provocan la remoción de amonio y nitrito en aguas de acuicultura. Las bacterias que presentan en su genoma genes de eliminación de estos compuestos nitrogenados son: *Nitrosomonas oligotropha* y *Nitrobacter winogradskyi* (Neissi et al., 2022). Claros (2021), por su parte indica que las bacterias oxidantes de amonio y nitrito como las Nitrosomonas y Nitrobacterias, eliminan o remueven los compuestos nitrogenados, que requieren nutrientes externos como fuentes de carbono orgánico, para realizar estos procesos.

3.1.5. Melaza y dextrosa como fuentes de carbono

Ríos y Zelada (2021), indican que la dextrosa es un azúcar simple, un monosacárido derivado del almidón conocido como glucosa, mientras que Ossa et al. (2010), señalan que la melaza es un subproducto viscoso obtenido a partir del proceso de refinado del azúcar de caña. Ambas son fuentes de carbono utilizadas

para bioestimular el crecimiento de bacterias para la remoción de compuestos nitrogenados, esto se debe a que la dextrosa es menos estable que la melaza, lo que favorece el crecimiento de bacterias heterotróficas que requieren para la remoción nitrógeno amoniacal total (TAN) (Suita et al., 2015). En este sentido, Mejía (2014), refuerza que la dextrosa tiene un efecto rápido en el crecimiento de bacterias heterotróficas, con efectos observables en minutos u horas.

3.2. ANTECEDENTES

La industria de acuicultura es una actividad que genera muchos residuos contaminantes que se disgrega en el agua, produciendo compuestos dañinos para la salud animal como también contaminación al medio ambiente perjudicando directamente al ser humano. Por tal motivo, actualmente existen reportes sobre la remediación de estos compuestos especialmente el nitrógeno amoniacal total (TAN) utilizando bacterias benéficas o bacterias oxidantes del amoníaco bioestimuladas con fuentes de carbonos.

Suita et al. (2015), llevaron a cabo un estudio utilizando fuentes de carbono, como la melaza y la dextrosa, para el desarrollo de *biofloc*, con el objetivo de mejorar la calidad del agua en el cultivo de *Litopenaeus vannamei* (langostino blanco). El experimento se realizó en tanques de PVC con una capacidad de 310 litros, donde se evaluaron parámetros fisicoquímicos del agua y crecimiento de bacterias. En cuanto a los parámetros relacionados con el nitrógeno, los resultados mostraron que, con la adición de dextrosa, los niveles de TAN (nitrógeno amoniacal total) fueron de $1,16 \pm 1,96$ mg/L, nitrito de $14,31 \pm 17,02$ mg/L y nitrato de $15,8 \pm 16,84$ mg/L. Por otro lado, con la melaza, los valores obtenidos fueron TAN $1,03 \pm 2,01$ mg/L, nitrito $17,81 \pm 20,82$ mg/L y nitrato $13,32 \pm 13,58$ mg/L, otros parámetros fisicoquímicos también fueron evaluados, en el caso de los tratamientos con melaza, se registraron una temperatura promedio de $26,23 \pm 3,55$ °C, pH de $7,94 \pm 0,33$ y salinidad de $34,28 \pm 0,94$ ‰; para el tratamiento con dextrosa, los valores fueron similares: temperatura de $26,56 \pm 3,56$ °C, pH de $7,95 \pm 0,32$ y salinidad de $34,30 \pm 0,93$ ‰. Se concluyó que la adición de dextrosa promovió un mayor crecimiento de bacterias heterotróficas.

Serra et al. (2015), usaron salvado de arroz y dextrosa como fuentes de carbono para el sistema de *biofloc* en el cultivo de *P. vannamei*, ambos fueron efectivos,

pero hubo una diferencia significativa obteniendo $0,82 \pm 0,33$ TAN y $1,19 \pm 0,33$ con salvado de arroz, indicando que mejoró la calidad del agua.

Huang et al. (2022), trabajaron con fuentes de carbono, para mejorar la calidad del agua del sistema *biofloc* en el cultivo de *P. vannamei*, obteniendo como resultado glucosa soluble para la remoción del TAN $1,3 \pm 0,3$ mg/L y la melaza $1,5 \pm 0,3$ mg/L concluyendo que su nivel de desempeño con la calidad de agua es bueno.

De Lorenzo et al. (2016), utilizaron dextrosa como fuente de carbono en diferentes proporciones en cultivo intensivo de camarón blanco sistema *biofloc*, obteniendo los siguientes resultados para la remoción del TAN $1,14 \pm 0,67$ (10:1), $0,66 \pm 0,44$ (12,5:1) y $0,44 \pm 0,46$ (15:1). Estas proporciones demostraron un efecto biorremediador en la mejora de la calidad del agua. En cuanto a la microbiología, se observó un aumento en el número de bacterias heterótrofas totales con la adición de dextrosa.

Luo et al. (2019) utilizaron como fuente de carbono la glucosa (dextrosa) en la calidad del agua del sistema *biofloc* en el cultivo de *P. vannamei*, en donde obtuvieron como resultado que el TAN fue de $0,28 \pm 0,26$ mg/L.

Wang et al. (2005), demostraron en un ensayo experimental que el uso de probióticos como *Bacillus sp.*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Nitrosomonas sp.* y *Nitrobacter* mejoran la densidad de la flora bacteriana beneficiosa, reduce las concentraciones de nitrógeno, además realizaron recuento bacteriano usando medios de cultivo TCBS, TSA y BS. En los estanques tratados, las concentraciones de nitrógeno inorgánico (amonio, nitrito y nitrato) fueron significativamente menores, con un promedio de $1,79 \pm 0,64$ mg/L, en comparación con los estanques control, que presentaron $3,74 \pm 2,02$ mg/L. Respecto al recuento bacteriano, en los estanques tratados se observaron valores de $1,52 \times 10^4$ UFC/mL para *Bacillus sp.* y $4,37 \times 10^2$ UFC/mL para *Vibrio*, mientras que en los estanques control los valores fueron de $9,80 \times 10^2$ y $2,09 \times 10^3$ UFC/mL, respectivamente. En cuanto a las bacterias heterótrofas, los estanques tratados alcanzaron un promedio de $1,95 \times 10^5$ UFC/mL, frente a $1,89 \times 10^5$ UFC/mL en el control. Estos resultados confirmaron que los probióticos mejoran la calidad del agua.

Toro et al. (2020), evaluaron los efectos de bacterias benéficas (EM) sobre la supervivencia y crecimiento de *Litopenaeus vannamei* en un cultivo semi-intensivo,

determinaron que las concentraciones de amoníaco (NH_3) y nitritos (NO_2^-) disminuyeron en los estanques tratados. Los valores registrados de NH_3 fueron de $0,10 \pm 0,33$ mg/L en E3 y $0,21 \pm 0,16$ mg/L en E4, mientras que en los controles se obtuvieron $0,33 \pm 0,23$ mg/L en E1 y $0,30 \pm 0,15$ mg/L en E2. En cuanto a NO_2^- , las concentraciones en los estanques tratados alcanzaron $0,10 \pm 0,33$ mg/L en E3 y $0,21 \pm 0,16$ mg/L en E4, frente a los controles $0,29 \pm 0,35$ mg/L en E1 y $0,39 \pm 0,33$ mg/L en E2. Aunque no se detectaron diferencias significativas en tratamientos y controles, entre otros parámetros se obtuvo con un promedio de oxígeno disuelto de 6 mg/L, temperatura entre 28 y 29 °C, salinidad de 12 a 13, y pH de 6 a 7. Estos resultados confirmaron que los probióticos mejoran los niveles en los parámetros físico-químicos del agua de cultivo de esta especie.

Widigdo et al. (2021), al aplicar bacterias biorremediadoras como; *Nitrosomonas* sp., *Nitrosococcus* sp., *Nitrobacter* sp., *Bacillus* sp., a concentraciones de 0,1 mg/L; 0,2 mg/L; y 0,4 mg/L, determinaron que, en el primer día de la inoculación del probiótico, la concentración de Nitrógeno Amoniacal Total (TAN) fue de $6,34 \pm 0,17$ mg/L y se redujo significativamente en un solo día (día 1) para todo el tratamiento. La concentración se mantuvo a $0,08 \pm 0,00$ mg/L; $0,07 \pm 0,00$ mg/L y $0,08 \pm 0,00$ mg/L para el tratamiento 0,1 mg/L; 0,2 mg/L; y 0,4 mg/L respectivamente.

García (2019), utilizó probiótico comercial (*Bacillus subtilis*, *Lactobacillus lactis*, *Nitrosomonas* sp. y *Nitrobacter* sp.) en etapa de precría, logrando al final del ensayo experimental una reducción del amoníaco promedio en todos los tratamientos al $0,19 \pm 0,10$ mg/L, en cambio el control llegó hasta 1,5 mg/L.

Melgar et al. (2013), al estudiar el efecto de una mezcla comercial de microorganismos eficientes (EM) (*Rhodopseudomonas palustris*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei* y *Saccharomyces cerevisiae*) sobre la calidad del agua, sedimento y el crecimiento en un cultivo intensivo de camarón *P. vannamei*. con dos dosis de 4 L/ha (EM1) y 10 L/ha (EM2), los resultados demostraron en relación con las concentraciones de $\text{NO}_3\text{-N}$ y TAN que el tratamiento EM2 alcanzó mejores resultados reduciendo notablemente estos dos compuestos nitrogenados de $0,39 \pm 0,26$ mg/L y $0,30 \pm 0,15$ mg/L respectivamente en comparación con los tratamientos EM1 ($0,64 \pm 0,25$ mg/L; $0,36 \pm 0,22$ mg/L) y el tratamiento Control, el

cual registró los valores máximos de $\text{NO}_3\text{-N}$ y NAT ($0,71 \pm 0,22$ mg/l, $0,36 \pm 0,18$ mg/L).

Hassan et al. (2022), demostraron que, mediante la aplicación de dos tipos de probióticos, Probiótico A ($0,007$ g/m³/dos semanas) y Probiótico B ($0,03$ g/m³/dos semanas) degradan significativamente el nitrógeno amoniacal en el agua para cultivo de *L. vananmei*. Obteniendo al final del ensayo experimental una reducción de $0,006$ y $0,005$ mg/L en el Probiótico A y B respectivamente a diferencia del control alcanzando un nivel de $0,026$ mg/L.

Xie et al. (2013), aislaron una cepa de *Bacillus amyloliquefaciens* a partir del lodo activado de un río contaminado. Al evaluar el potencial de remediación en agua de acuicultura determinaron *B. amyloliquefaciens* mostró alta tolerancia a 80 mg/L de nitrito-N y amoníaco-N, pero era ineficiente para eliminar el amoníaco-N cuando la concentración de amoníaco-N estaba por debajo de 20 mg/L.

Nimrat et al. (2012), al evaluar la efectividad de dos probióticos mixtos de *Bacillus* (probiótico A y probiótico B) sobre el crecimiento, el número de bacterias y la calidad del agua durante las etapas larvales y estadios post larvarios de *P. vannamei*. Los resultados mostraron que la administración de probióticos mixtos de *Bacillus* mejoró significativamente el crecimiento y la supervivencia y aumentó las bacterias beneficiosas en los camarones y el agua de cultivo. Adicionalmente ambos experimentos mejoraron la calidad del agua para los niveles de pH, amoníaco y nitrito del agua de cultivo a las 05:00 y 14:00 h para todos los grupos de tratamiento oscilaron entre $7,7 \pm 0,3$ a $8,3 \pm 0,2$; $0,32 \pm 0,01$ a $0,38 \pm 0,02$ mg/L y $0,05 \pm 0,00$ a $0,07 \pm 0,01$ mg/L, respectivamente, que fueron significativamente diferentes ($P < 0,05$) a las de los controles ($8,2 \pm 0,0$ a $8,5 \pm 0,1$; $0,45 \pm 0,00$ a $0,49 \pm 0,00$ mg/L y $0,09 \pm 0,02$ a $0,10 \pm 0,02$ mg/L respectivamente). Aunque los valores de calidad de agua tanto del control como los del tratamiento se encuentran en los niveles óptimos para el cultivo, se observa una reducción significativa en los niveles especialmente de amónico.

Li et al. (2020), demostraron que incorporando bacterias desnitrificantes y fuentes de carbono mejora significativamente los niveles de nitrógeno total del $66,9$ a $86,8\%$.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La investigación se realizó en las instalaciones del Laboratorio de la Empresa AgroAcuánelisis S.R.L., Mz. T Lote. 14, Urb. José Lishner Tudela, segunda etapa en la ciudad de Tumbes, distrito, provincia y departamento de Tumbes, cuya ubicación se encuentra en las coordenadas geográficas 3,568597° y -80,423744°.



Figura 1. Lugar de ejecución de la investigación

3.2. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue de tipo aplicada y experimental, por cuanto se realizó la manipulación de las variables independientes de interés: aplicación de melaza y dextrosa en el crecimiento poblacional de bacterias probióticas y eficiencia de remoción de nitrógeno amoniacal total (TAN) en los efluentes de cultivo semi-intensivo de *P. vannamei*, manipulando dichas variables.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO

Es la población de estudio de los efluentes de cultivo semi-intensivo de langostino blanco (*P. vannamei*) presentes en la langostinera que proporcionó este material de estudio. La muestra que se usó para esta investigación corresponde a los 27 litros de efluentes obtenidos de una langostinera.

3.4. MÉTODOS

3.4.1. Preparación de medios de cultivo

Se preparó suficiente agar de cada uno de los medios de cultivo suplementado con cloruro de sodio (a una concentración final de 2,0% de NaCl), teniendo en cuenta cuántas placas de petri se emplearían para la siembra (20 mL de agar/ placa):

- **Agar Ceftriaxona (Ceftriaxona)**

Se pesó 18,12 g de agar Ceftriaxona, 8 g NaCl y se midió 4 mL de glicerina en un matraz Erlenmeyer de 500 mL, posteriormente se enrasó hasta 400 mL con agua destilada y se ajustó el pH a $7,3 \pm 2,0$. Se llevó a hervir por un minuto en baño maría hasta que se disolvió por completo, luego se esterilizó en autoclave a 121 °C por 15 min. Se dejó enfriar a temperatura ambiente hasta alcanzar los 45 °C aproximadamente y se dispensó en las placas Petri. Se almacenó a 4 °C hasta su uso.

- **Agar Triptéina Soya Agar (TSA)**

Se pesó 16 g de agar y 8 g NaCl en un matraz Erlenmeyer de 500 mL, posteriormente se enrasó hasta 400 mL con agua destilada y se ajustó el pH a $7,3 \pm 2,0$. Se llevó a hervir por tres a cuatro minutos en baño maría hasta que se disolvió por completo, luego se esterilizó en autoclave a 121 °C por 15 min. Se dejó enfriar a temperatura ambiente hasta alcanzar los 45 °C aproximadamente y se dispensó en las placas Petri. Se almacenó a 4 °C hasta su uso.

- **Agar De Man, Rogosa y Sharpe (MRS)**

Se pesó 26,86 g de agar y 8 g NaCl de en un matraz Erlenmeyer de 500 mL, posteriormente se enrasó hasta 400 mL con agua destilada y se ajustó el pH a $6,4 \pm 2,0$. Se llevó a hervir por uno a dos minutos en baño maría hasta que se disolvió

por completo, luego se esterilizó en autoclave a 121 °C por 15 min. Se dejó enfriar a temperatura ambiente hasta alcanzar los 45 °C aproximadamente y se dispensó en las placas Petri. Se almacenó a 4 °C hasta su uso.

- **Agar Bacillus Cereus Base**

Se pesó 16,4 g de agar, 8,0 g NaCl de en un matraz Erlenmeyer de 500 mL, se enrasó hasta 400 mL con agua destilada y se ajustó el pH $7,2 \pm 2,0$. Se llevó a hervir por uno a dos minutos en baño maría hasta que se disolvió por completo, luego se esterilizó en autoclave a 121 °C por 15 min. Posteriormente se le agregó 20 mL de emulsión yema de huevo y se dejó enfriar a temperatura ambiente hasta alcanzar los 45 °C aproximadamente se dispensó en las placas Petri. Se almacenó a 4 °C hasta su uso.

- **Agar Tiosulfato Citrato Bilis Sacarosa (TCBS)**

Se pesó 35,63 g de agar y 8,0 g NaCl de en un matraz Erlenmeyer de 500 mL, posteriormente se enrasó hasta 400 mL con agua destilada y se ajustó el pH a $7,2 \pm 2,0$. Se llevó a hervir por uno a dos minutos y se dejó enfriar a temperatura ambiente hasta alcanzar los 45 °C aproximadamente para ser dispensado en las placas Petri. Se almacenó a 4 °C hasta su uso.

- **Solución Salina Fisiológica Estéril (SSFE) al 2% NaCl**

Se pesó 2 g de NaCl, y se colocó en un matraz de vidrio de 200 mL, se enrasó hasta 100 mL con agua destilada, luego se esterilizó en autoclave a una a 121 °C por 15 min.

3.4.2. Obtención de agua de efluentes de cultivo semi-intensivo

Se recolectó agua de los efluentes de un cultivo semi-intensivo procedente de una langostinera de Tumbes (Figura 3- anexos). Posteriormente se trasladó en bidones hasta el Laboratorio AgroAcuAnálisis S.R.L.

3.4.3. Toma de muestra inicial de agua de efluente

En un tanque con una capacidad de 30 litros se vertió 27 litros de agua de efluentes (Figura 4- anexos). El agua se homogenizó y se tomó una muestra de 100 mL, la cual fue destinada al análisis inicial de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

3.4.4. Bacterias probióticas comerciales y fuentes de carbono

- **Bacterias probióticas comerciales**

Bacillus subtilis, *Lactobacillus lactica*, *Nitrosomonas* sp. y *Nitrobacter* sp.

- **Fuentes de carbono**

Melaza: 75 a 83% de materia seca, con 30 a 40% de sacarosa, 2,5 a 4,5% de compuestos nitrogenados, predominando los aminoácidos aspartato y glutamato, y de 0,4 a 1,5% de nitrógeno.

Dextrosa: 100 mL de solución contenía 5 g de glucosa, osmolaridad teórica de 252 mOsm/L y un pH de 3,2 a 6,5.

3.4.5. Preparación del bioactivador

Las bacterias probióticas utilizadas tenían una concentración inicial de 10^9 UFC/mL según las indicaciones del producto (Figura 5-anexos), para obtener una densidad aproximadamente de 10^8 UFC/mL, se pesó 1 g del probiótico comercial en un tubo con capacidad de 15 mL. Posteriormente, se agregaron 9 mL de SSFE al 2% (Figura 6-anexos).

3.4.6. Preparación de fuentes de carbono

Las indicaciones del proveedor establecen una concentración de 20 g/L para ambas fuentes, por eso fue necesario usar 2 g o 2 mL para obtener una solución de 100 mL (Figura 7-anexos).

- **Melaza**

Se pesó 2 g de melaza y 2,02 g de ácido ascórbico en un matraz de vidrio de 100 mL, posteriormente se enrasó con 95,98 mL de agua esterilizada.

- **Dextrosa**

Se midió 2 mL de dextrosa y se pesó 2,02 g de ácido ascórbico en un matraz de vidrio de 100 mL, posteriormente se enrasó con 95,98 mL de agua esterilizada.

3.4.7. Condiciones experimentales

Se usaron nueve baldes plásticos de 10 litros de capacidad, a los cuales se les agregó 3 litros de agua de efluentes: Tratamiento 1 (melaza + bacterias probióticas), Tratamiento 2 (dextrosa + bacterias probióticas) y control (sin adición de fuentes de carbono ni bacterias probióticas) cada uno con tres repeticiones (Figura 8-anexos). Estos recipientes se mantuvieron con aireación leve pero constante durante todo el proceso.

Para cada unidad experimental, se inocularon a una concentración de 1mL/L de fuentes de carbono y bacterias probióticas comerciales (Figura 9-anexos)). Esta dosificación fue calculada siguiendo las indicaciones del producto, el cual sugiere 1 g/L. Dado que cada balde contenía 3 litros, se añadieron 3 mL.

3.5. Crecimiento de bacterias probióticas usando fuentes de carbono

3.5.1. Inoculación de agua de efluente

Previamente se obtuvieron 100 mL de muestra de agua de efluente de cada tratamiento. Las placas se dividieron en tres secciones utilizando un marcador indeleble, rotulando cada una de ellas con los tratamientos correspondientes: Tratamiento 1, Tratamiento 2 y control.

Posteriormente se realizaron soluciones diluidas, en el rango de 10^{-1} hasta 10^{-3} en microtubos del mismo volumen: Se sembraron 25 uL de cada dilución en placas Petri con los medios de cultivo Cetrimida, TSA, MRS, TCBS y Bacillus Cererus Agar Base (Figura 10-anexos) en donde se aplicó la técnica del extendido, siguiendo lo descrito por Baird y Bridgwater (2017). Las placas fueron incubadas a 30 °C durante 48 horas.

3.5.2. Recuento bacteriano

Se utilizó la siguiente fórmula descrita por (CESASIN, 2006).

$$N^{\circ} \frac{UFC}{mL} = N^{\circ} UFC * \frac{1000}{VS} * FD$$

Donde:

$N^{\circ} \frac{UFC}{mL}$: Número de unidades formadoras de colonias por mililitro

$N^{\circ} UFC$: Número de colonias contadas.

VS : Volumen de siembra en microlitro (μL).

FD : Factor de dilución.

3.6. Registro de parámetros fisicoquímico

Los parámetros fueron registrados 48 horas después de la aplicación de fuentes de carbono y bacterias probióticas comerciales. Los métodos y los equipos utilizados para realizar el registro de parámetros fisicoquímicos se indican en la tabla 1.

Tabla 1

Instrumento y métodos utilizados para el registro de parámetros fisicoquímicos

Parámetros	Instrumento/ Método	Marca	Modelo	Precisión	Autor
Temperatura	Termómetro de mercurio	Boeco	ZI-260	1 °C	Standard Methods for Examination of Water and Wasterwater (2017).
Salinidad	Refractómetro	ATC	PCE-018	1 g/L	-
pH	Potenciómetro	Kyntel	PH/MV meter	0,01	-
Color	Fotómetro	IYSI	9300	1 PCU	
Turbidez	Fotómetro	IYSI	9300	1 NTU	Manual YSI 9300 – 9500
Nitrógeno Amoniacal total (TAN)	Fotómetro	IYSI	9300	0,1 mg/L	

Leyenda:

Las unidades: °C: grado centígrado; g/L: gramo por litro; mg/L: miligramo por litro; PCU: unidades platino-cobalto; NTU: Unidades Nefelométricas de Turbidez.

Para determinar los niveles de amonio y el amoniaco se utilizaron los parámetros del TAN, temperatura y pH. Se contrastaron con la Figura 12-anexos, descrita por Emerson et al. (1975).

3.6.1. Determinación del porcentaje de remoción del TAN

Se utilizó la fórmula descrita por Rodríguez (2020):

$$E = \frac{Vi - Vr}{Vi} * 100$$

Donde:

E : Eficiencia de remoción (%)

Vi : Valor inicial de nitrógeno amoniacal total (TAN)

Vr : Valor de remoción del nitrógeno amoniacal total (TAN)

3.7. Procesamiento y análisis de datos

Los datos obtenidos en todas las unidades experimentales fueron evaluados mediante un análisis de varianza (ANVA) para un Diseño Completamente al Azar, utilizando como herramienta una hoja de cálculo del programa Excel de microsoft Office. Para categorizarlos, se aplicó la prueba de Tukey, con un nivel de confianza del 95 %.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Crecimiento bacteriano

El uso de bacterias probióticas comerciales (*Bacillus subtilis*, *Lactobacillus lactica*, *Nitrosomonas* sp. y *Nitrobacter* sp.) durante 48 horas mostró un crecimiento poblacional significativo (Tabla 2). Entre los tratamientos, se observó que las bacterias heterótrofas totales presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$), siendo el Tratamiento 2 (dextrosa) el que mostró el mayor crecimiento, con un promedio de $2,25 \times 10^5 \pm 25\ 000$ UFC/mL. Este resultado indicó que la dextrosa, como fuente de carbono, bioestimula eficazmente el desarrollo de estas bacterias, que son conocidas por su capacidad de remover el nitrógeno amoniacal total (TAN) (Lorenzo et al., 2016). Este hallazgo es consistente con los estudios de Suita et al. (2015) y Mejía (2014), quienes reportaron que las bacterias heterótrofas pueden alcanzar niveles elevados de crecimiento en pocas horas, optimizando la calidad del agua al reducir el TAN.

Tabla 2

Crecimiento bacteriano (UFC/mL) del agua de efluente del cultivo semi-intensivo de *Penaeus vannamei*

Pruebas bacteriológicas	Inicial	Tratamiento 1 (melaza)	Tratamiento 2 (dextrosa)	Control
<i>Vibrio saccharosa</i> positiva	$3,66 \times 10^3 \pm 60$	$1,70 \times 10^3 \pm 265^b$	$7,00 \times 10^3 \pm 866^c$	$1,42 \times 10^2 \pm 63^a$
<i>Vibrio saccharosa</i> negativa	0	$4,2 \times 10 \pm 38^{ab}$	$1,33 \times 10^2 \pm 63^b$	$1,60 \times 10 \pm 14^a$
Heterótrofas totales	$1,17 \times 10^5 \pm 2\ 646$	$1,42 \times 10^5 \pm 38\ 188^b$	$2,25 \times 10^5 \pm 25\ 000^c$	$5,83 \times 10^4 \pm 38\ 188^a$
<i>Pseudomonas</i>	0	0	0	0
<i>Bacillus</i>	$1,73 \times 10^3 \pm 252$	$4,87 \times 10^3 \pm 2\ 281^{ab}$	$5,28 \times 10^3 \pm 247^b$	$1,92 \times 10^3 \pm 144^a$
<i>Lactobacillus</i>	0	0	$1,33 \times 10^2 \pm 29^b$	0

Los valores se expresan como media \pm desviación estándar. Los valores en la misma fila con letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

En cuanto al crecimiento de bacterias ácido-lácticas, se observaron diferencias significativas entre tratamientos. En el caso del género *Bacillus*, los tratamientos con melaza y dextrosa promovieron su crecimiento, aunque el Tratamiento 2 (dextrosa) presentó el mayor valor con $5,28 \times 10^3 \pm 247$ UFC/mL. Por otro lado, el género *Lactobacillus* mostró un crecimiento exclusivo en el Tratamiento 2, alcanzando $1,33 \times 10^2 \pm 29$ UFC/mL, mientras que no hubo crecimiento en el tratamiento Control. Estos resultados concuerdan con Wang et al. (2005), quienes reportaron que el uso de probióticos como *Bacillus* sp., *Saccharomyces cerevisiae*, *Nitrosomonas* sp. y *Nitrobacter* mejora la calidad del agua y promueve el crecimiento bacteriano, registrando recuentos de *Bacillus* sp. de hasta $1,52 \times 10^4$ UFC/mL.

Por otro lado, el recuento de Vibrios evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$), destacando el Tratamiento 2 (dextrosa) con el mayor recuento de *Vibrio saccharosa* positiva ($7,00 \times 10^3 \pm 866$ UFC/mL), seguido por el Tratamiento 1 (melaza) con el menor valor ($1,70 \times 10^3 \pm 265$ UFC/mL). Esto se explica porque los Vibrios metabolizan eficientemente azúcares simples como la dextrosa, además, requieren nitrógeno para su crecimiento que es obtenido de TAN, contribuyendo a su reducción en el agua de los efluentes. Widigdo et al. (2021) respaldan esta observación, señalando que los probióticos como *Bacillus* sp. y *Nitrosomonas* sp. no solo suprimen bacterias patógenas a niveles seguros ($<10^4$ UFC/mL), sino que también promueven un equilibrio microbiano beneficioso para la calidad del agua en cultivos acuícolas.

4.2. Parámetros físicoquímicos

Respecto al uso de bacterias probióticas comerciales bioestimuladas con fuentes de carbono como melaza y dextrosa, se observó no solo una reducción significativa en los niveles de Nitrógeno Amoniacal Total (TAN), sino también una mejora y estabilización de otros parámetros físicoquímicos importantes, tal como se muestra en la Tabla 3. En cuanto al pH, se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos: Tratamiento 1 ($7,87 \pm 0,0$) y Tratamiento 2 ($7,96 \pm 0,0$), en comparación con el control ($7,82 \pm 0,1$), lo que representa una disminución respecto al valor inicial de $8,03 \pm 0,04$). Estos resultados están dentro del rango aceptable sugerido por Herbozo (2024), quienes indican que el pH del agua en efluentes de

cultivo de langostinos debe mantenerse entre 6,3 a 9,2. Además, Serra (2015) obtuvo valores similares al utilizar dextrosa como fuente de carbono, registrando un pH de $7,75 \pm 0,19$. Asimismo, Toro et al. (2022) reportaron que la adición de bacterias probióticas puede disminuir el pH, debido a la generación de compuestos extracelulares, sin embargo, es importante destacar que mantener un pH inferior a 8 resulta óptimo, ya que valores superiores pueden incrementar las concentraciones de amonio en el agua.

Tabla 3

Niveles promedios de parámetros fisicoquímicos del agua de efluente del cultivo de *Penaeus vannamei*

Parámetros	Inicial	Tratamiento 1 (melaza)	Tratamiento 2 (dextrosa)	Control
Temperatura (T °C)	25,27	$25,43 \pm 0,06^a$	$25,47 \pm 0,06^a$	$25,4 \pm 0,10^a$
pH	$8,03 \pm 0,04$	$7,87^{ab}$	$7,96 \pm 0,00^b$	$7,82 \pm 0,10^a$
Salinidad (g/L)	38,00	39^a	$39,00^a$	$39,00^a$
Nitrógeno Amoniacal Total (TAN) (mg/L)	$3,17 \pm 0,29$	$1,20^a$	$0,87 \pm 0,12^a$	$1,70 \pm 0,44^b$
Amonio (NH ₄) (mg/L)	$3,01 \pm 0,28$	$1,16 \pm 0,20^a$	$0,83 \pm 0,11^a$	$1,49 \pm 0,59^b$
Amoniaco (NH ₃) (mg/L)	$0,16 \pm 0,01$	$0,037 \pm 0,006^a$	$0,033 \pm 0,006^a$	$0,21 \pm 0,269^a$
Color (Pt/Co)	$58,33 \pm 2,89$	$101,67 \pm 35,47^a$	$100 \pm 31,22^a$	$56,67 \pm 11,55^a$
Turbidez (NTU)	$16,67 \pm 1,15$	$12,00 \pm 5,29^a$	$13,33 \pm 4,62^a$	$4,67 \pm 2,31^a$

Los valores se expresan como media \pm desviación estándar. Los valores en la misma fila con letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

La temperatura no mostró diferencias significativas entre los tratamientos y el control, manteniéndose en un promedio de 25 °C, lo cual es consistente con Serra et al. (2015), quienes reportaron valores similares en sus estudios (26 °C).

En cuanto a la salinidad, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos y el Control, con un valor promedio de 39,00 g/L. Esto coincide con los resultados de Lorenzo et al. (2015), quienes registraron una salinidad constante de 35 g/L antes y después de la aplicación de fuentes de carbono (dextrosa).

Respecto al TAN, se observó una disminución significativa en los tratamientos con melaza ($1,20 \pm 0,20$ mg/L) y dextrosa ($0,87 \pm 0,12$ mg/L) en comparación con el

control ($1,7 \pm 0,44$ mg/L). Esto confirma que el uso de bacterias probióticas bioestimuladas con fuentes de carbono es efectivo para reducir los compuestos nitrogenados en el agua. Según Huang et al. (2022), la adición de melaza y dextrosa también mejoró la calidad del agua en sus estudios, obteniendo concentraciones de TAN de $1,3 \pm 0,3$ mg/L y $1,5 \pm 0,3$ mg/L, respectivamente. Melgar et al. (2013) lograron reducir ligeramente la concentración de TAN aplicando melaza junto con bacterias eficientes.

Los niveles de amoníaco (NH_3) no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos; sin embargo, se observó una reducción respecto al dato inicial. En el tratamiento con dextrosa, el amonio se redujo a $0,83 \pm 0,11$ mg/L desde un valor inicial de $3,01 \pm 0,28$ mg/L. Esta disminución se atribuye a la capacidad de las bacterias heterotróficas para utilizar el amonio como fuente de nitrógeno, descomponiéndolo anaeróbicamente (Toro, 2020).

El color y la turbidez no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos y el Control. Sin embargo, el aumento del color en los tratamientos ($101,67 \pm 35,47$ Pt/Co con melaza y $100 \pm 31,22$ Pt/Co con dextrosa) puede asociarse a la transformación de compuestos nitrogenados, mientras que la turbidez ($12 \pm 5,29$ NTU y $13,33 \pm 4,62$ NTU) se relaciona con la proliferación de bacterias heterotróficas totales, como lo señala Herbozo (2024).

4.3. Remoción de nitrógeno amoniacal total

La utilización de bacterias heterotróficas ha demostrado ser una estrategia efectiva para la remoción de nitrógeno amoniacal total (TAN) en efluente de sistema de cultivo semi-intensivo. Los resultados, calculados según la fórmula propuesta por Rodríguez (2020), se presentan en la Tabla 4.

Tabla 2

Remoción de TAN del agua de efluente del cultivo de *Penaeus vannamei*

Eficiencia de remoción (%)			
Parámetros químicos	Tratamiento 1 (melaza)	Tratamiento 2 (dextrosa)	Control
Nitrógeno Amoniacal Total (TAN) (mg/L)	62,15	72,56	21,14
Amonio (NH ₄)	61,46	72,43	19,27
Amoniaco (NH ₃)	75,00	81,25	56,25

En la Figura 2, se observa la tendencia de los porcentajes de remoción de TAN, amonio y amoniaco. Ambos tratamientos mostraron una mejora significativa en comparación con el control, siendo la dextrosa la fuente más eficiente, con una remoción de TAN del 72,56%.

Estudios previos, como el de Lit et al. (2020), reportaron una remoción de TAN que osciló entre el 66,9% y el 86,8% al incorporar bacterias probióticas y fuentes de carbono en sistemas acuícolas. Esto respalda los hallazgos de la presente investigación, en los que la dextrosa demostró una mayor efectividad, probablemente debido a su alta solubilidad y rápida disponibilidad en el medio acuático. Según Mejía (2014) y Suita (2009), la dextrosa es más soluble que la melaza, lo que permite el aprovechamiento rápido y un crecimiento bacteriano más acelerado, favoreciendo la conversión de compuestos nitrogenados. Este comportamiento es consistente con los resultados obtenidos en el recuento de bacterias heterotróficas (Tabla 2), donde el tratamiento con dextrosa presentó un mayor crecimiento de bacterias heterótrofas.

Por otro lado, Serra (2015) también observó que tanto la melaza como la dextrosa pueden disolverse fácilmente en el agua, liberando carbono que estimula la proliferación bacteriana. No obstante, este autor destaca que la efectividad de cada fuente puede variar dependiendo de las condiciones ambientales y la composición del sistema de cultivo. En este sentido, los resultados del presente estudio sugieren que la dextrosa es más adecuada para condiciones de cultivos semi-intensivos, dado su rápido efecto en la reducción de TAN y su impacto en el equilibrio nitrogenado del sistema.

La mayor eficiencia de remoción de amoníaco de 81,25% en el tratamiento con dextrosa refuerza su potencial para mantener la calidad del agua, ya que el amoníaco no ionizado (NH_3) es la forma más tóxica para los organismos acuáticos (Kunjiraman et al., 2024). La reducción significativa de este compuesto en ambos tratamientos resalta la importancia de utilizar bacterias probióticas bioestimuladas con fuentes de carbono para mitigar los efectos negativos del amoníaco en sistemas acuícolas.

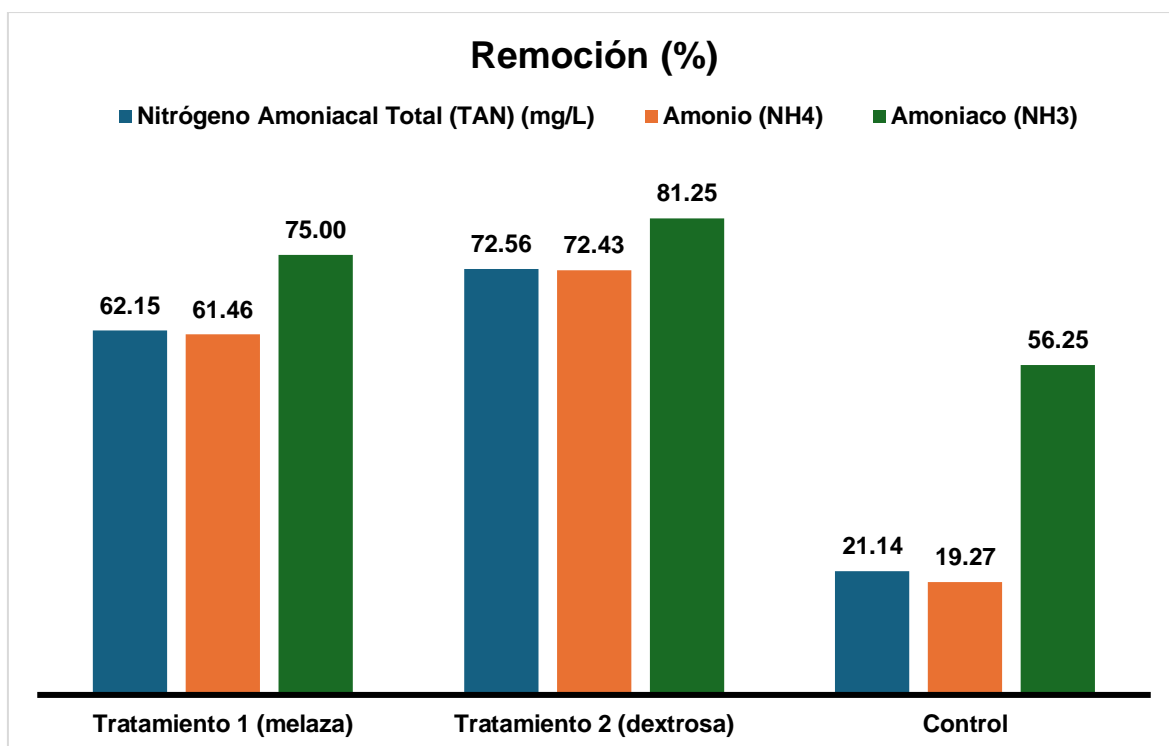


Figura 2. Comparación del TAN, amonio y amoníaco en los tratamientos y control

Aunque la dextrosa presenta un costo significativamente más alto en comparación con la melaza, su utilización por las bacterias y por extensión en la eficiencia de remoción de nitrógeno amoniacal total (TAN) la posiciona como una alternativa prometedora en sistemas de tratamiento de efluentes de cultivo semi-intensivo de *Litopenaeus vannamei* (Según Suite, 2015). Este aspecto la hace especialmente eficiente en sistemas donde la regulación estricta de los parámetros de calidad del agua es prioritaria.

Sin embargo, al evaluar su aplicación práctica, es importante considerar la relación costo-beneficio. Si bien la melaza es una alternativa más económica, su eficacia puede ser menor en comparación con la dextrosa, especialmente en sistemas intensivos o semi-intensivos donde el control preciso de compuestos nitrogenados es esencial por parte de la oxidación bacteriana. Por ello, la elección de la fuente de carbono dependerá de factores como el presupuesto disponible, los objetivos específicos del sistema de cultivo y la escala del proyecto.

V. CONCLUSIONES

1. El tratamiento con dextrosa como fuente de carbono promovió el mayor crecimiento de bacterias heterótrofas totales, alcanzando valores de $2,25 \times 10^5$ UFC/mL.
2. Se redujo significativamente el nitrógeno amoniacal total (TAN) en ambos tratamientos, destacándose el tratamiento con dextrosa con un valor final de $0,87 \pm 0,12$ mg/L y un porcentaje de remoción del 72,56%, lo que respalda la eficacia de las bacterias heterótrofas en la eliminación de compuestos nitrogenados.
3. Se resalta la capacidad de la dextrosa como componente de un medio de cultivo para actuar como bioestimulante en el crecimiento de bacterias nitrificantes.

VI. RECOMENDACIONES

1. Extender el tiempo de evaluación para analizar la capacidad biorremediadora de las bacterias probióticas en la remoción del nitrógeno amoniacal total (TAN) en aguas de efluentes de cultivos semi-intensivos de *Penaeus vannamei*, considerando diferentes periodos y condiciones ambientales que permitan determinar su eficacia a largo plazo.
2. Realizar un estudio económico para evaluar el costo-beneficio del uso de fuentes de carbono como la melaza y la dextrosa, con el propósito de establecer la viabilidad de sustituir la melaza por la dextrosa, tomando en cuenta la relación entre eficiencia de remoción del TAN y los costos asociados a la implementación de cada fuente.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Public Health Association. (2017). *Standard methods for examination of water and wastewater*. 23 ed. (A, Eaton, L. Clasceri, R.E., & A. Greenberg. Edts). Washington, DC.
- Baird, R., Rice, E., & Eaton, A. (2017). Standard methods for the examination of water and wastewaters. *Water Environment Federation, Chair Eugene W. Rice, American Public Health Association Andrew D. Eaton, American Water Works Association*.
- Boyd, C. (13 de 05 de 2019). global Seafood Alliance. Obtenido de Toxicidad de las sustancias químicas en la acuicultura:
<https://www.globalseafood.org/advocate/toxicidad-de-las-sustancias-químicas-en-la-acuicultura/>
- Peña, D. (2023). *Estudio de la mortandad acuícola en la presa Nezahualcóyotl, Chiapas* [Tesis de Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria, Universidad Autónoma de Chiapas]. [Repositorio UNACH: Estudio de la mortandad acuícola en la presa Nezahualcóyotl, Chiapas](#)
- Bratvold, D., Browdy, C., & Hopkins, J. (1997). Microbial ecology of shrimp ponds: toward zero discharge. *World Aquaculture*.
- Chen, Z.; Chang, Z.; Zhang, L.; Jiang, Y.; Ge, H.; Song, X.; Li, J. (2019). Effects of water recirculation rate on the microbial community and water quality in relation to the growth and survival of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *BMC Microbiology*. 19(1).
- CESASIN. (2006). *Técnicas de Bacteriología, Análisis en Fresco, Calidad de Agua y Buenas Prácticas de Manejo y Bioseguridad en Granjas Camaroneras*. México, Sinaloa: Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Sinaloa.

Chatla, D., Padmavathi, P., & Srinu, G. (2020). Wastewater treatment techniques for sustainable aquaculture. *Waste management as economic industry towards circular economy*, 159-166.

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-1620-7_17

Claros, J. (2021). *Estudio del proceso de nitrificación y desnitrificación vía nitrito para el tratamiento biológico de corrientes de agua residual con alta carga de nitrógeno amoniacal* [Tesis de Doctorado, Universidad Politécnica de València]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/17653>

Dalmin, G., Kathiresan, K., & Purushothaman, A. (2001). Effect of probiotics on bacterial population and health status of shrimp in culture pond ecosystem. *Indian Journal of Experimental Biology*, 39, 939-942. <https://nopr.niscpr.res.in/handle/123456789/24034>

De Lorenzo, M. A., Candia, E. W. S., Schleder, D. D., Rezende, P. C., Seiffert, W. Q., & do Nascimento Vieira, F. (2016). Intensive hatchery performance of Pacific white shrimp in the biofloc system under three different fertilization levels. *Aquacultural Engineering*, 72, 40-44.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144860915300364>

De Lorenzo, M. A., Candia, E. W. S., Schleder, D. D., Rezende, P. C., Seiffert, W. Q., & do Nascimento Vieira, F. (2016). Intensive hatchery performance of Pacific white shrimp in the biofloc system under three different fertilization levels. *Aquacultural Engineering*, 72, 40-44.

Emerson, K., Russo, R. C., Lund, R. E., & Thurston, R. V. (1975). Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 32(12), 2379-2383.

Fernández, A. M. A., Arrieta, D. P., & Martínez, N. G. (2023). Biorremediación en Aguas Residuales Acuícolas: Una Revisión. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 8538-8568. <https://www.ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/7577>

- García, R. (2019). *Efecto de la aplicación del probiótico en el crecimiento, supervivencia y estado sanitario de LitoLitopenaeus vannameien etapa de precría* [Tesis de Maestría en Gestión Ambiental, Universidad Nacional de Tumbes].
<http://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/20.500.12874/989>
- Godleads, A., Prekeyi, F., Samson, O., & Igelenyah, E. (2015). Biorremediación, Bioestimulación y Bioaugmentación. *Revista Internacional de Biodegradación y Biorremediación Ambiental*, 3(1), 28-30.
https://www.researchgate.net/publication/277216237_Bioremediation_Biostimulation_and_Bioaugmentation_A_Review
- González, E. (2017). *Impacto ambiental de la acuicultura intensiva en los componentes agua y sedimento en el lago Guamuez, Nariño. Palmira* [Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de Colombia].
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59203>
- Hassan, MA, Fathallah, MA, Elzoghby, MA, Salem, MG y Helmy, MS (2022). Influencia de los probióticos en la calidad del agua en estanques intensificados de *LitoLitopenaeus vannamei* con recambio mínimo de agua. *AMB Express*, 12 (1), 22.
<https://link.springer.com/article/10.1186/s13568-022-01370-5>
- Herbozo, J. (2024). *Agentes contaminantes provenientes de la acuicultura semi intensiva de langostino blanco (Litopenaeus vannamei) y su efecto en el ecosistema manglar y marino en el sector el Alcalde y La Canela del Departamento de Tumbes, año 2016 - 2017* [Tesis de Maestría en Ecología y Gestión Ambiental, Universidad, Nacional José Faustino Sánchez Carrión].
<https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/9341>
- Hernández, L. E., Londoño, J. I., Hernández, K. A., & Torres, L. C. (2019). Los sistemas biofloc: una estrategia eficiente en la producción acuícola. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 14(1), 70-99.
<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1055713>

- Huang, H. H., Liao, H. M., Lei, Y. J., & Yang, P. H. (2022). Effects of different carbon sources on growth performance of *LitoLitopenaeus vannamei* and water quality in the biofloc system in low salinity. *Aquaculture*, 546, 737239. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848621009029>
- Kunjiraman, S., Singh, IB, Sarasan, M. & Puthumana, J. (2024). Consorcios microbianos inmovilizados: una solución ecológica y sostenible para la gestión de residuos de la acuicultura. *The Microbe*, 10010. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2950194624000670#bib75>
- Li, Z., Yu, E., Zhang, K., Gong, W., Xia, Y., Tian, J., ... y Xie, J. (2020). Efecto del tratamiento del agua, estructura de la comunidad microbiana y características metabólicas en un sistema de tratamiento de aguas residuales de acuicultura a escala de campo. *Fronteras en microbiología*, 11, 930. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2020.00930/full>
- Luo, G., Liu, Z., Shao, L., & Tan, H. (2019). Using poly- β -hydroxybutyric as an additional carbohydrate for biofloc in a shrimp *LitoLitopenaeus vannamei* bioflocs nursery system with brackish water. *Aquaculture*, 506, 181-187. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004484861832188>
- Mejía, C. (2014) *Dinámica del nitrógeno en biorreactores de un sistema de producción de alevinos machos de tilapia (Oreochromis niloticus) con tecnología biofloc* [Tesis de Ingeniero Pesquero, Universidad Nacional Agraria la Molina].
- Melgar, C., Barba, E., Álvarez, C., Tovilla, C., & Sánchez, A. (2013). Efecto de microorganismos con potencial probiótico en la calidad del agua y el crecimiento de camarón *LitoLitopenaeus vannamei* (Decapoda: Penaeidae) en cultivo intensivo. *Revista de Biología Tropical*, 61(3), 1215-1228.

https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442013000400018

Ministerio de la Producción. (2019). Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola Lima: Ministerio de la Producción.

Neissi, A., Rafiee, G., Rahimi, S., Farahmand, H., Pandit, S. y Mijakovic, I. (2022). Comunidades microbianas enriquecidas para la eliminación de amonio y nitrito de los sistemas acuícolas de recirculación. *Quimiosfera*, 295, 133811. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653522003046>

Nava, G. (2022). *Influencia del concentrado soluble de pescado sobre el crecimiento de LitoLitopenaeus vannameien etapa de engorde* [Tesis de Ingeniero Pesquero, Universidad Nacional de Agraria la Molina]. <http://45.231.83.156/handle/20.500.12996/5485>

Nimrat, S., Suksawat, S., Boonthai, T., & Vuthiphandchai, V. (2012). Potential Bacillus probiotics enhance bacterial numbers, water quality and growth during early development of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Vet Microbiol*, 159(3-4), 443-450. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378113512002787>

Organismo Nacional de Sanidad Pesquera. (2020). Informe de la Subdirección de Sanidad Acuícola 2017 - 2019. Lima: Ministerio de Producción. <https://www.sanipes.gob.pe/difusion-informe-sanidad-acuicola/archivos/INFORME-DE-SANIDAD-APROBADO-JUNIO-2020.pdf>

Ornelas, O. (2015). *Influencia de Consorcios bacterianos sobre la calidad del agua, parámetros productivos, sobrevivencia y morfometría intestinal en el cultivo de Tilapia (Oreochromis niloticus)* [Tesis de Magister en Medicina Veterinaria con Mención Microbiología, Universidad Central de Venezuela]. <http://saber.ucv.ve/handle/10872/12085>

Ossa, J. A., Vanegas, M. C., & Badillo, Á. M. (2010). Evaluación de la melaza de caña como sustrato para el crecimiento de *Lactobacillus plantarum*. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 13(1), 97-104. <https://www.redalyc.org/pdf/837/83708301.pdf>

- Ríos, E. & Zelada, H. (2021). *Determinación del Rendimiento de Glucosa por Hidrólisis Enzimática de Almidones de Yuca (Manihot esculenta), Camote (Ipomoea batatas) y Papa (Solanum tuberosum)* [Tesis de Ingeniero Químico, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo].
[file:///C:/Users/Joel/Downloads/BC-TES-5841%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Joel/Downloads/BC-TES-5841%20(1).pdf)
- Rodriguez, A. (2020). *Consortio microbiano autóctono in vitro en remediación de efluentes en cultivo de camarón (Litopenaeus Vannamei) de agua dulce* [Tesis de Ingeniero en Medio Ambiente, Escuela Superior Politécnica].
<https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1331>
- Serra, F. P., Gaona, C. A., Furtado, P. S., Poersch, L. H., & Wasielesky, W. (2015). Use of different carbon sources for the biofloc system adopted during the nursery and grow-out culture of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture International*, 23, 1325-1339.
- Suita, S. (2009). O uso da Dextrose como fonte de carbono no desenvolvimento de bio-flocos e desempenho do camarão-branco (*Litopenaeus vannamei*) cultivado em sistema sem renovação de água [Tesis de Posgrado de Acuicultura, Universidade Federal Do Rio Grande].
<https://ppgaquicultura.furg.br/dissertacoes-e-teses/dissertacoes/39-dissertacoes-de-2009/131-dissertacao-sabrina-medeiros-suita>
- Suita, S. M., Ballester, E. L., Abreu, P. C., & Wasielesky Jr, W. (2015). Dextrose as carbon source in the culture of *LitoLitopenaeus vannamei*(Boone, 1931) in a zero-exchange system. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 43(3), 526-533.
https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-560X2015000300013&script=sci_arttext&tlng=pt
- Toro, D., Llanco, L., Lora, M., Tiparra, R., & Serrano, E. (2020). Efecto de microorganismos eficaces en los parámetros productivos y calidad de agua en el cultivo semi-intensivo de langostino blanco *Litopenaeus vannamei*. *Salud Tecnológica Veterinaria*, (8,2), 47-57.
<https://revistas.upch.edu.pe/index.php/STV/article/view/3873>

- Torres, W. (2019). *Biorremediación del agua recirculante en el cultivo intensivo del camarón blanco, utilizando microbiota autóctona del ecosistema del mangle rojo* [Tesis de Doctorado en Ciencias Ambientales, Universidad Nacional Mayor de San Marco].
<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/10867>
- Wang, Y. B., Xu, Z. R., & Xia, M. S. (2005). The effectiveness of commercial probiotics in northern white shrimp *Litopenaeus vannamei* ponds. *Fisheries science*, 71, 1036-1041.
<https://link.springer.com/article/10.1111/j.1444-2906.2005.01061.x>
- Widigdo, B., Yuhana, M., Iswantari, A., Madonsa, C., Sapitri, I., Wardiatno, Y., . . . Nazar, F. (2021). The impact of nitrifying probiotic to population growth of pathogenic bacteria, *Vibrio* sp., and toxic nitrogen gasses in marine shrimp culture media under laboratory condition. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Revista de Recursos Naturales y Gestión Ambiental)*, 11 (1), 130-140.
<https://journal.ipb.ac.id/index.php/jpsl/article/view/34512>
- Xie, F., Zhu, T., Zhang, F., Zhou, K., Zhao, Y., & Li, Z. (2013). Using *Bacillus amyloliquefaciens* for remediation of aquaculture water. *SpringerPlus*, 2, 1-5. <https://link.springer.com/article/10.1186/2193-1801-2-11>

ANEXOS

Anexo 1. Fotografías de la ejecución de la tesis



Figura 3. Recolección de agua de efluente utilizando un bidón



Figura 4. Vertido del agua de efluente en un tanque, donde se tomaron muestras para el análisis inicial

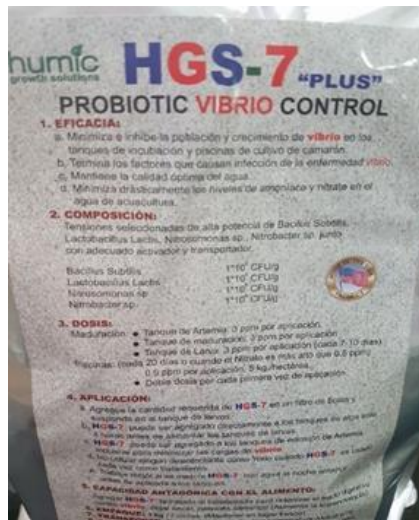


Figura 5. Probiótico comercial HGS-7 “Plus”, con detalles de su composición



Figura 6
Mezcla del probiótico con solución salina estéril al 2% (SSEF) en un tubo de 15 mL



Figura 6. Fuentes de carbono: melaza y dextrosa preparadas a 100 mL en matraces de 200 mL



Figura 7. Acondicionamiento de las unidades experimentales



Figura 8. Inoculación de fuente de carbono y bacterias probióticas comerciales en las unidades experimentales



Figura 9. Análisis microbiológicos



Figura 10. Análisis de TAN (Nitrógeno Amoniacal Total)

Anexo 2. Relación de Temperatura y pH para determinar el % de amoníaco

Temp (C)	pH								
	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
0	.00827	.0261	.0826	.261	.820	2.55	7.64	20.7	45.3
1	.00899	.0284	.0898	.284	.891	2.77	8.25	22.1	47.3
2	.00977	.0309	.0977	.308	.968	3.00	8.90	23.6	49.4
3	.0106	.0336	.106	.335	1.05	3.25	9.60	25.1	51.5
4	.0115	.0364	.115	.363	1.14	3.52	10.3	26.7	53.5
5	.0125	.0395	.125	.394	1.23	3.80	11.1	28.3	55.6
6	.0136	.0429	.135	.427	1.34	4.11	11.9	30.0	57.6
7	.0147	.0464	.147	.462	1.45	4.44	12.8	31.7	59.5
8	.0159	.0503	.159	.501	1.57	4.79	13.7	33.5	61.4
9	.0172	.0544	.172	.542	1.69	5.16	14.7	35.3	63.3
10	.0186	.0589	.186	.586	1.83	5.56	15.7	37.1	65.1
11	.0201	.0637	.201	.633	1.97	5.99	16.8	38.9	66.8
12	.0218	.0688	.217	.684	2.13	6.44	17.9	40.8	68.5
13	.0235	.0743	.235	.738	2.30	6.92	19.0	42.6	70.2
14	.0254	.0802	.253	.796	2.48	7.43	20.2	44.5	71.7
15	.0274	.0865	.273	.859	2.67	7.97	21.5	46.4	73.3
16	.0295	.0933	.294	.925	2.87	8.54	22.8	48.3	74.7
17	.0318	.101	.317	.996	3.08	9.14	24.1	50.2	76.1
18	.0343	.108	.342	1.07	3.31	9.78	25.5	52.0	77.4
19	.0369	.117	.368	1.15	3.56	10.5	27.0	53.9	78.7
20	.0397	.125	.396	1.24	3.82	11.2	28.4	55.7	79.9
21	.0427	.135	.425	1.33	4.10	11.9	29.9	57.5	81.0
22	.0459	.145	.457	1.43	4.39	12.7	31.5	59.2	82.1
23	.0493	.156	.491	1.54	4.70	13.5	33.0	60.9	83.2
24	.0530	.167	.527	1.65	5.03	14.4	34.6	62.6	84.1
25	.0569	.180	.566	1.77	5.38	15.3	36.3	64.3	85.1
26	.0610	.193	.607	1.89	5.75	16.2	37.9	65.9	85.9
27	.0654	.207	.651	2.03	6.15	17.2	39.6	67.4	86.8
28	.0701	.221	.697	2.17	6.56	18.2	41.2	68.9	87.5
29	.0752	.237	.747	2.32	7.00	19.2	42.9	70.4	88.3
30	.0805	.254	.799	2.48	7.46	20.3	44.6	71.8	89.0

Anexo 3. Análisis estadísticos

Tabla 3. Registro de datos de recuentos bacterianos del agua de efluente de cultivo semi-intensivo *L. vannamei* por tratamiento al final del estudio

Periodo	Descripción	Repeticiones	Vibrios sacarosa positivas	Vibrios sacarosa negativas	Heterótrofos totales	Pseudomonas	Bacillus	Lactobacillus
Inicio	Efluentes de cultivo semi-intensivo	1	3720	0	120000	0	1500	0
		2	3600	0	115000	0	2000	0
		3	3650	0	116000	0	1700	0
		Promedio	3657	0	117000	0	1733	0
		D.S	60	0	2646	0	252	0
Final	Tratamiento 1 (Melaza)	1	1500	50	175000	0	3500	0
		2	1600	0	125000	0	3600	0
		3	2000	75	125000	0	7500	0
		Promedio	1700	42	141667	0	4867	0
		D.S	265	38	28868	0	2281	0
	Tratamiento 1 (Dextrosa)	1	7500	75	200000	0	5400	150
		2	6000	125	225000	0	5450	100
		3	7500	200	250000	0	5000	150
		Promedio	7000	133	225000	0	5283	133
		D.S	866	63	25000	0	247	29
	Control	1	200	25	100000	0	2000	0
		2	75	0	25000	0	1750	0
		3	150	25	50000	0	2000	0
		Promedio	142	17	58333	0	1917	0
D.S		63	14	38188	0	144	0	

Tabla 4. Registro de parámetros físico-químicos del agua de efluente de cultivo semi-intensivo *L. vannamei* por tratamiento al final del estudio

Periodo	Descripción	Repeticiones	T °C	pH	Salinidad	Nitrógeno Amoniacal Total (TAN)	Amonio (NH ₄)	Amoniaco (NH ₃)	Color	Turbidez
Inicio	Efluentes de cultivo semi-intensivo	1	25,40	8,02	38,00	3,00	2,85	0,15	60,00	16,00
		2	25,40	8,07	38,00	3,50	3,33	0,17	55,00	18,00
		3	25,00	8,00	38,00	3,00	2,85	0,15	60,00	16,00
		Promedio	25,27	8,03	38,00	3,17	3,01	0,16	58,33	16,67
		D.S.	0,23	0,04	0,00	0,29	0,28	0,01	2,89	1,15
Tratamiento 1 (Melaza)		1	25,40	7,87	39,00	1,00	0,97	0,03	70,00	8,00
		2	25,40	7,87	39,00	1,20	1,16	0,04	95,00	10,00
		3	25,50	7,87	39,00	1,40	1,36	0,04	140,00	18,00
		Promedio	25,43	7,87	39,00	1,20	1,16	0,04	101,67	12,00
		D.S.	0,06	0,00	0,00	0,20	0,20	0,01	35,47	5,29
Final	Tratamiento 2 (Dextrosa)	1	25,40	7,96	39,00	0,80	0,77	0,03	125,00	16,00
		2	25,50	7,95	39,00	0,80	0,77	0,03	65,00	8,00
		3	25,50	7,96	39,00	1,00	0,96	0,04	110,00	16,00
		Promedio	25,47	7,96	39,00	0,87	0,83	0,03	100,00	13,33
		D.S.	0,06	0,01	0,00	0,12	0,11	0,01	31,22	4,62
Control		1	25,40	7,72	39,00	2,50	2,44	0,06	70,00	6,00
		2	25,30	7,85	39,00	2,40	2,33	0,07	50,00	2,00
		3	25,50	7,89	39,00	2,60	2,52	0,08	50,00	6,00
		Promedio	25,40	7,82	39,00	2,50	2,43	0,07	56,67	4,67
		D,S,	0,10	0,09	0,00	0,10	0,10	0,01	11,55	2,31

Tabla 5. Datos descriptivos de los recuentos bacterianos del agua de efluente de cultivo semi-intensivo *L. vannamei* por tratamiento al final del estudio

Pruebas bacteriológicas	Tratamientos	N	Media	Desv. estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Vibrio sacarosa positivo	Tratamiento 1 (Melaza)	3	1700	265	153	1043	2357	1500	2000
	Tratamiento 2 (Dextrosa)	3	7000	866	500	4849	9151	6000	7500
	Control	3	142	63	36	-15	298	75	200
	Total	9	2947	3146	1049	529	5366	75	7500
Vibrio sacarosa negativo	Tratamiento 1 (Melaza)	3	42	38	22	-53	137	0	75
	Tratamiento 2 (Dextrosa)	3	133	63	36	-23	290	75	200
	Control	3	17	14	8	-19	53	0	25
	Total	9	64	65	22	14	114	0	200
Heterótrofos totales	Tratamiento 1 (Melaza)	3	141667	28868	16667	69956	213378	125000	175000
	Tratamiento 2 (Dextrosa)	3	225000	25000	14434	162897	287103	200000	250000
	Control	3	58333	38188	22048	-36531	153198	25000	100000
	Total	9	141667	77055	25685	82437	200897	25000	250000
Pseudomonas	Tratamiento 1 (Melaza)	3	0	0	0	0	0	0	0
	Tratamiento 2 (Dextrosa)	3	0	0	0	0	0	0	0
	Control	3	0	0	0	0	0	0	0
	Total	9	0	0	0	0	0	0	0
Bacillus	Tratamiento 1 (Melaza)	3	4867	2281	1317	-800	10533	3500	7500
	Tratamiento 2 (Dextrosa)	3	5283	247	142	4671	5896	5000	5450
	Control	3	1917	144	83	1558	2275	1750	2000
	Total	9	4022	1962	654	2514	5530	1750	7500
Lactobacillus	Tratamiento 1 (Melaza)	3	0	0	0	0	0	0	0
	Tratamiento 2 (Dextrosa)	3	133	29	17	62	205	100	150
	Control	3	0	0	0	0	0	0	0
	Total	9	44	68	23	-8	97	0	150

Tabla 6. Datos descriptivos de parámetros físico-químicos del agua de efluente de cultivo semi-intensivo *L. vannamei* por tratamiento al final del estudio

Parametros físico-químicos	Tratamientos	N	Media	Desv. estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
pH	Tratamiento 1 (Melaza)	3	7,8700	0,00000	0,00000	7,8700	7,8700	7,87	7,87
	Tratamiento 2 (Dextrosa)	3	7,9567	0,00577	0,00333	7,9423	7,9710	7,95	7,96
	Control	3	7,8200	0,08888	0,05132	7,5992	8,0408	7,72	7,89
	Total	9	7,8822	0,07463	0,02488	7,8249	7,9396	7,72	7,96
Salinidad	Tratamiento 1 (Melaza)	3	39,0000	0,00000	0,00000	39,0000	39,0000	39,00	39,00
	Tratamiento 2 (Dextrosa)	3	39,0000	0,00000	0,00000	39,0000	39,0000	39,00	39,00
	Control	3	39,0000	0,00000	0,00000	39,0000	39,0000	39,00	39,00
	Total	9	39,0000	0,00000	0,00000	39,0000	39,0000	39,00	39,00
Nitrógeno amoniacal total	Tratamiento 1 (Melaza)	3	1,2000	0,20000	0,11547	0,7032	1,6968	1,00	1,40
	Tratamiento 2 (Dextrosa)	3	0,8667	0,11547	0,06667	0,5798	1,1535	0,80	1,00
	Control	3	2,5000	0,10000	0,05774	2,2516	2,7484	2,40	2,60
	Total	9	1,5222	0,75792	0,25264	0,9396	2,1048	0,80	2,60
Amonio	Tratamiento 1 (Melaza)	3	1,1633	0,19502	0,11260	0,6789	1,6478	0,97	1,36
	Tratamiento 2 (Dextrosa)	3	0,8333	0,10970	0,06333	0,5608	1,1058	0,77	0,96
	Control	3	2,4300	0,09539	0,05508	2,1930	2,6670	2,33	2,52
	Total	9	1,4756	0,74002	0,24667	0,9067	2,0444	0,77	2,52
Amoniaco	Tratamiento 1 (Melaza)	3	0,0367	0,00577	0,00333	0,0223	0,0510	0,03	0,04
	Tratamiento 2 (Dextrosa)	3	0,0333	0,00577	0,00333	0,0190	0,0477	0,03	0,04
	Control	3	0,5200	0,40150	0,23180	-0,4774	1,5174	0,06	0,80
	Total	9	0,1967	0,31484	0,10495	-0,0453	0,4387	0,03	0,80
Color	Tratamiento 1 (Melaza)	3	101,6667	35,47299	20,48034	13,5469	189,7865	70,00	140,00
	Tratamiento 2 (Dextrosa)	3	100,0000	31,22499	18,02776	22,4328	177,5672	65,00	125,00
	Control	3	56,6667	11,54701	6,66667	27,9823	85,3510	50,00	70,00
	Total	9	86,1111	32,86124	10,95375	60,8517	111,3705	50,00	140,00
Turbidez	Tratamiento 1 (Melaza)	3	12,0000	5,29150	3,05505	-1,1448	25,1448	8,00	18,00
	Tratamiento 2 (Dextrosa)	3	13,3333	4,61880	2,66667	1,8596	24,8071	8,00	16,00
	Control	3	4,6667	2,30940	1,33333	-1,0702	10,4035	2,00	6,00
	Total	9	10,0000	5,47723	1,82574	5,7898	14,2102	2,00	18,00
Temperatura	Tratamiento 1 (Melaza)	3	25,4333	0,05774	0,03333	25,2899	25,5768	25,40	25,50
	Tratamiento 2 (Dextrosa)	3	25,4667	0,05774	0,03333	25,3232	25,6101	25,40	25,50
	Control	3	25,4333	0,05774	0,03333	25,2899	25,5768	25,40	25,50
	Total	9	25,4444	0,05270	0,01757	25,4039	25,4850	25,40	25,50

Tabla 7. Análisis de varianza (ANOVA de un factor) de los datos de recuentos bacterianos del agua de efluente de cultivo semi-intensivo *L. vannamei* por tratamiento al final del estudio

Pruebas bacteriológicas		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Vibrio sacarosa positivo	Entre grupos	77555139	2	38777569	141.188	0.00
	Dentro de grupos	1647917	6	274653		
	Total	79203056	8			
Vibrio sacarosa negativo	Entre grupos	22639	2	11319	6.037	0.037
	Dentro de grupos	11250	6	1875		
	Total	33889	8			
Heterótrofos totales	Entre grupos	4.16667E+10	2	2.08333E+10	21.429	0.002
	Dentro de grupos	5833333333	6	972222222		
	Total	47500000000	8			
Pseudomonas	Entre grupos	0	2	0		
	Dentro de grupos	0	6	0		
	Total	0	8			
Bacillus	Entre grupos	20210556	2	10105278	5.376	0.040
	Dentro de grupos	10570000	6	1761667		
	Total	30780556	8			
Lactobacillus	Entre grupos	35556	2	17778	64.000	0.000
	Dentro de grupos	1667	6	278		
	Total	37222	8			

Tabla 8. Análisis de varianza (ANOVA de un factor) de parámetros físico-químicos del agua de efluente de cultivo semi-intensivo *L. vannamei* por tratamiento al final del estudio

Parámetros		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
pH	Entre grupos	0.029	2	0.014	5.424	0.045
	Dentro de grupos	0.016	6	0		
	Total	0.045	8			
Salinidad	Entre grupos	0.000	2	0		
	Dentro de grupos	0.000	6	0		
	Total	0.000	8			
Nitrógeno Amoniacal Total	Entre grupos	4.469	2	2	106	0.000
	Dentro de grupos	0.127	6	0		
	Total	4.596	8			
Amonio	Entre grupos	4.263	2	2	108	0.000
	Dentro de grupos	0.118	6	0		
	Total	4.381	8			
Amoniaco	Entre grupos	0.470	2	0	4	0.067
	Dentro de grupos	0.323	6	0		
	Total	0.793	8			
Color	Entre grupos	3905.556	2	1953	2	0.164
	Dentro de grupos	4733.333	6	789		
	Total	8638.889	8			
Turbidez	Entre grupos	130.667	2	65	4	0.095
	Dentro de grupos	109.333	6	18		
	Total	240.000	8			
Temperatura	Entre grupos	0.002	2	0	0	0.729
	Dentro de grupos	0.020	6	0		
	Total	0.022	8			

