



**INSTITUTO POLITÉCNICO
NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN
PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
UNIDAD SINALOA**



TESIS

MANEJO DE LA MICROBIOTA PARA MANTENER LA CALIDAD
DE AGUA EN CULTIVOS EXPERIMENTALES DE CAMARÓN
Litopenaeus vannamei SIN RECAMBIO DE AGUA.

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN
RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE

PRESENTA

GUILLERMO FERNANDO LARA ANGUIANO

GUASAVE, SINALOA; MEXICO OCTUBRE DEL 2011



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de Guasave el día 29 del mes Noviembre del año 2011, el que suscribe Guillermo Fernando Lara Anguiano alumno del Programa de Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente con número de registro B091666, adscrito a CIIDIR IPN Unidad Sinaloa, manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de Dres. Juan Carlos Sainz Hernández y Héctor Manuel Esparza Leal y cede los derechos del trabajo titulado “Manejo de la microbiota para mantener la calidad de agua en cultivos experimentales de camarón *Litopenaeus vannamei* sin recambio de agua” al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección voyager985@hotmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Guillermo Fernando Lara Anguiano.
Nombre y firma



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REGISTRO DE TEMA DE TESIS Y DESIGNACIÓN DE DIRECTORES DE TESIS

Guasave, Sinaloa, a 14 de Enero del 2011

El Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR-SINALOA en su sesión ORDINARIA No. 01 celebrada el día 13 del mes de ENERO conoció la solicitud presentada por el(la) alumno(a):

Lara	Anguiano	Guillermo Fernando							
<small>Apellido paterno</small>	<small>Apellido materno</small>	<small>Nombre (s)</small>							
		Con registro: <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">B</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">0</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">9</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">6</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">6</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">6</td> </tr> </table>	B	0	9	1	6	6	6
B	0	9	1	6	6	6			

Aspirante de:

1.- Se designa al aspirante el tema de tesis titulado:

"Manejo de la microbiota para mantener la calidad de agua en cultivos experimentales de camarón *Litopenaeus vannamei* sin recambio de agua.

De manera general el tema abarcará los siguientes aspectos:

Determinar el efecto de la aplicación de fertilizante orgánico melaza y fertilizante inorgánico en la calidad del agua en el cultivo de camarón.

Relacionar estas aplicaciones y su influencia en el crecimiento del camarón blanco.

2.- Se designan como Directores de Tesis a los Profesores:

Dr. Juan Carlos Sainz Hernández y al Dr. Héctor Manuel Esparza Leal

3.- El trabajo de investigación base para el desarrollo de la tesina será elaborado por el alumno en: Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional CIIDIR-Sinaloa.

que cuenta con los recursos de los proyectos SIP-20100145 y SIP-20101116 y la infraestructura para bioensayos del Departamento de Acuicultura.

4.- El interesado deberá asistir a los seminarios desarrollados en el área de adscripción del trabajo desde la fecha en que se suscribe la presente hasta la aceptación de la tesis por la Comisión Revisora correspondiente:

Directores de Tesis



Dr. Juan Carlos Sainz Hernández


Dr. Héctor Manuel Esparza Leal

Aspirante
Biol. Guillermo Fernando Lara
Anguiano

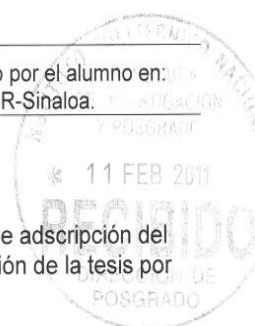
Presidente del Colegio

Dr. Jorge Montiel Montoya





CIIDIR - IPN
UNIDAD SINALOA
DIRECCIÓN





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

SIP-14-BIS

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Guasave Sin. siendo las 10:00 horas del día 29 del mes de Noviembre del 2011 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR-SIN. para examinar la tesis titulada:

"Manejo de la Microbiota para Mantener la calidad de agua en cultivos experimentales de camarón *Litopenaeus vannamei* sin recambio de agua."

Presentada por el alumno:

Lara Anguiano Guillermo Fernando
 Apellido paterno Apellido materno Nombre(s)

Con registro:

B	0	9	1	6	6	6
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

Dr. Juan Carlos Sainz Hernández

Dr. Héctor Manuel Esparza Leal

Dra. Teresa Leticia Espinosa Carreón

Dr. Wenceslao Valenzuela Quiñonez

Dr. Gerardo Rodríguez Quiroz

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

Dr. Jorge Montiel Montoya



CIIDIR-IPN
 UNIDAD SINGULA
 DIRECCION

Agradecimientos a proyectos

El trabajo de tesis se desarrolló en el Departamento de Acuacultura del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) Unidad Sinaloa del Instituto Politécnico Nacional (IPN). El presente trabajo fue apoyado económicamente a través del SIP-IPN 20100145 y SIP-IPN 20110581 Con número de registro B-091666. El alumno Guillermo Fernando Lara Anguiano fue apoyado con una beca CONACYT con clave 230330 y PIFI por parte de IPN.

A los Doctores Juan Carlos Sainz Hernández, y Héctor Esparza Leal, quienes dirigieron ésta tesis y que con sus observaciones permitieron mejorar el presente documento.

DEDICATORIA

A mi padre Dios por darnos este gran regalo que es la vida.

A mi padre José Luis a quien agradezco haberme dado la vida y la oportunidad de saber elegir entre dos caminos en la vida.

A mi santa madrecita, en su memoria, ya que estoy siempre bajo la guía que me lego, la fé, la perseverancia y la lucha por ser mejor cada día.

A mi gran amor, compañera y esposa, que de no ser por ella no me encontraría aquí escribiendo estas líneas.

A mis dos guardianes y alegrías permanentes: Luisito y Pablito.

A mis hermanos entrañables que siempre me han apoyado.

A la alegría y memoria de Tere Mayorquín..y Alfredo Campaña gracias por su sincera amistad.

A todos mis compañeros de generación y a los doctores que nos brindaron la oportunidad para el desarrollo y cumplimiento de esta meta.

La naturaleza nos brinda la oportunidad de aprender como es que todos los seres vivos, participan en conjunto y se relacionan entre si para dar vida y construir cada una de las maravillosas partes de ella.

Nosotros como seres humanos solo somos una ínfima parte de ésta maravilla, y pienso que si como humanidad aprendiésemos y comprendiésemos el ejemplo que la naturaleza nos brinda, entonces en éste mundo no existiría el conflicto ni la destrucción.

Memo Lara

GLOSARIO

Fotosíntesis: Es la síntesis de compuestos orgánicos a partir del agua y el CO_2 valiéndose de la energía de la luz solar absorbida por la clorofila.

Fotótrofo: Aplicase a los organismos que obtienen su energía de la luz solar.

Quimiótrofo: Dicese de organismos que obtienen energía por reacciones químicas independientes de la luz solar.

Quimioautótrofo: Que obtiene energía mediante una reacción inorgánica simple, cuya naturaleza varia según las especies.

Autótrofo: Dicese de organismos que no dependen de las Fuentes externas de sustancias orgánicas para elaborar sus propios componentes orgánicos los cuales pueden elaborar a partir de materia inorgánica.

Heterótrofo: Dicese del organismo que requiere un suministro de material orgánico del medio en que vive. Todos los animales y hongos, muchas bacterias.

Hexosa: Azúcar (monosacárido) con seis átomos de carbono por ejemplo la glucosa, la fructosa, la galactosa.

Agar: Polisacárido obtenido de ciertas algas, con agua forma un gel que se utiliza para solidificar los medios de cultivo empleados en microbiología.

Porquilotermo: De sangre fría de temperatura corporal variable, que sigue aproximadamente la del medio.

Población: Grupos de individuos de la misma especie que viven en un área definida y en un tiempo concreto.

Micro habitad: Aquella parte del habitad general que es utilizada por un organismo.

Habitad: Lugar donde vive una planta o animal.

Fitoplancton: Algas microscópicas que viven suspendidas en el agua, en los ecosistemas acuáticos, vegetales planctónicos.

Fijación de nitrógeno: Transformación del nitrógeno atmosférico en otras formas químicas que pueden ser utilizadas por los organismos.

Ecología: Es el estudio de las relaciones entre los organismos y su ambiente natural, vivo e inerte.

Ecología de la restauración. Estudio de la aplicación de la teoría ecología a la restauración de los hábitat intensamente alterados.

Ecosistema: La comunidad Biótica y su ambiente abiótico funcionando como un sistema.

Competencia: Cualquier interacción que produce un perjuicio mutuo a ambos participantes y que se da entre especies unos recursos limitados.

Competencia por explotación: Competencia ejercitada por un grupo o grupos de organismos que reduce un recurso hasta el punto que afecta adversamente a otros organismos.

Comunidad: Grupo de organismos que interaccionan entre si y que habitan una misma área.

Comunidad autótrofa: Comunidad cuya fuente de energía es la fotosíntesis y utiliza compuestos inorgánicos, estando basada en los productores primarios.

Comunidad heterótrofa: Comunidad que depende de, y que es soportada por la energía fijada previamente por la comunidad autótrofa.

Detritivoro: Organismo que se alimenta de materia orgánica muerta; habitualmente se aplica a los organismos que se alimentan de detritos y que no son bacterias ni hongos.

Detritos: Materia precedente de los organismos de fresca a parcialmente descompuesta.

Desnitrificación: Reducción de nitratos a nitrógeno molecular por los microorganismos.

Nitrificación: Disgregación de los compuestos orgánicos que contienen hidrógeno, para formar NO_2 y NO_3 .

Nicho: Papel funcional de una especie en la comunidad, incluyendo actividades y relaciones.

ÍNDICE

I. Introducción.....	1
II. Antecedentes.....	3
2.1. Retos de la camaronicultura.....	3
2.2.Sistemas de cultivo.....	3
2.3. Fertilización inorgánica y orgánica.....	4
2.4.Importancia de mantener el equilibrio de la microbiota en los sistemas de cultivo.....	5
III. Justificación.....	7
IV. Objetivos.....	8
V. Hipótesis.....	9
VI. Materiales y Métodos.....	10
6.1. Área de estudio.....	10
6.2. Diseño experimental.....	10
6.2.1. Cultivo experimental a pequeña escala (laboratorio).....	10
6.2.2. Cultivo a nivel comercial (Granja).....	11
6.3. Tasa de aplicación de melaza y nitrato de sodio.....	11
6.4 .Muestreo y análisis para determinar el comportamiento de la microbiota, calidad del agua y variables productivas.....	13
6.4.1. Bacterias.....	13
6.4.2. Plancton.....	14
6.4.3. Calidad del agua.....	14
6.4.4. Variables productivas.....	15
6.5. Análisis estadístico.....	16
VII. Resultados.....	17
7.1. Microbiota	17
7.1.1. Bacterias totales.....	17
7.1.2. <i>Vibrio</i> spp.....	19
7.1.3. <i>Bacillus</i> spp.....	19
7.1.4. Fitoplancton.....	22
7.1.5. Zooplancton.....	22
7.2. Calidad del agua	31

7.2.1 Nitritos.....	31
7.2.2 Nitratos.....	31
7.2.3. Amonio.....	34
7.2.4. Fosfatos	36
7.2.5. Temperatura, pH, OD y salinidad.....	38
7.3. Variables productivas.....	38
VIII. Discusión.....	41
8.1. Microbiota.....	41
8.2. Calidad de agua	44
8.3. Variables productivas.....	46
IX. Conclusiones.....	49
X.Recomendaciones.....	50
XI.Bibliografía.....	51

Lista de Figuras.

Figura 1. Concentración de bacterias totales en el agua de cultivos experimentales de camarón <i>L. vannamei</i> , tanto a nivel de laboratorio (A) como a nivel de granja (B), bajo similares tratamientos de fertilización (nitrato de sodio, melaza y testigo). Letras diferentes representan diferencias significativas.....	18
Figura 2. Concentración de <i>Vibrio</i> spp en el agua de cultivos experimentales de camarón <i>L. vannamei</i> , fertilizados (nitrato de sodio o melaza) y no fertilizados (testigo), tanto a nivel de laboratorio (A) como en granja (B). Letras diferentes representan diferencias significativas.....	20
Figura 3. Concentración de <i>Bacillus</i> spp en el agua de cultivos experimentales de camarón <i>L. vannamei</i> , fertilizados (nitrato de sodio o melaza) y no fertilizados (testigo), tanto a nivel de laboratorio (A) como de granja (B). Letras diferentes representan diferencias significativas.	21
Figura 4. Concentración de fitoplancton en el agua de cultivos experimentales de camarón <i>L. vannamei</i> , fertilizados (nitrato de sodio o melaza) y no fertilizados (testigo), tanto a nivel de laboratorio (A) como de granja (B). Letras diferentes representan diferencias significativas.....	23
Figura 5. Grupos de fitoplancton dominantes en el agua de cultivos experimentales de camarón <i>Litopenaeus vannamei</i> , fertilizados con nitrato de sodio, tanto a nivel de laboratorio (A) como de granja (B).....	24
Figura 6. Grupos de fitoplancton dominantes en el agua de cultivos experimentales de camarón <i>L. vannamei</i> , fertilizados con melaza, tanto a nivel de laboratorio (A) como de granja (B).....	25
Figura 7. Grupos de fitoplancton dominantes en el agua de cultivos experimentales de camarón <i>L. vannamei</i> , sin fertilizar (testigo), tanto a nivel de laboratorio (A) como de granja (B).....	26

Figura 8. Concentraciones promedio de zooplancton en cultivos experimentales de camarón <i>Litopenaeus vannamei</i> , fertilizados (nitrato de sodio o melaza) y no fertilizados (testigo), tanto a nivel de laboratorio (A) como en granja (B). Letras diferentes representan diferencias significativas.....	27
Figura 10. Grupos dominantes de zooplancton en cultivos experimentales de camarón <i>Litopenaeus vannamei</i> , fertilizados con melaza, tanto a nivel de laboratorio (A) como en granja (B).....	28
Figura 11. Grupos dominantes de zooplancton en cultivos experimentales de camarón <i>Litopenaeus vannamei</i> no fertilizados, tanto a nivel de laboratorio (A) como en granja (B).	29
Figura 12. Concentración de nitritos en cultivos experimentales de camarón <i>Litopenaeus vannamei</i> fertilizados (nitrato de sodio, melaza) y grupo testigo no fertilizado, tanto a nivel de laboratorio (A) como en granja (B). Letras diferentes representan diferencias significativas.....	30
Figura 13. Concentración de nitratos en cultivos experimentales de camarón <i>Litopenaeus vannamei</i> fertilizados (nitrato de sodio, melaza) y grupo testigo no fertilizado, tanto a nivel de laboratorio (A) como en granja (B). Letras diferentes representan diferencias significativas.....	33
Figura 14. Concentración de amonio en cultivos experimentales de camarón <i>Litopenaeus vannamei</i> fertilizados (nitrato de sodio, melaza) y grupo testigo no fertilizado, tanto a nivel de laboratorio (A) como en granja (B). Letras diferentes representan diferencias significativas.....	35
Figura 15. Concentración de fosfatos en cultivos experimentales de camarón <i>Litopenaeus vannamei</i> fertilizados (nitrato de sodio, melaza) y grupo testigo no fertilizado, tanto a nivel de laboratorio (A) como en granja (B).	37
Figura 16. Crecimiento del camarón <i>Litopenaeus vanamei</i> en cultivos experimentales fertilizados (nitrato de sodio, melaza) y grupo testigo no fertilizado, tanto a nivel de laboratorio (A) como en granja (B). Letras diferentes representan diferencias significativas.....	39

Lista de tablas.

Tabla 1. Composición química de la melaza.....	12
Tabla 2. Composición química del Nitrato de Sodio.....	12
Tabla 3. Crecimiento, supervivencia, producción y FCA del camarón <i>L. vannamei</i> cultivado experimentalmente con (nitrato de sodio o melaza) y sin fertilización (testigo), tanto a nivel de laboratorio como en granja.....	40

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar el efecto de dos fertilizantes: nitrato de sodio (inorgánico) y melaza (orgánico), sobre el comportamiento de la microbiota, calidad del agua y variables productivas en dos cultivos experimentales de camarón *Litopenaeus vannamei* (a pequeña escala = laboratorio y a nivel comercial = granja), sin recambio de agua. Para el cultivo experimental en laboratorio se utilizaron nueve tanques que tenían una capacidad de 500 L c/u (tres réplicas por tratamiento, incluyendo como tratamiento un grupo control sin fertilización). Mientras la experimentación en granja se realizó en seis estanques que tenían una dimensión de 1 ha c/u (dos réplicas por tratamiento, incluyendo como tratamiento un grupo control sin fertilizar). Los resultados obtenidos mostraron que en general, tanto a nivel de laboratorio como en granja, en los cultivos no fertilizados se presentaron menores concentraciones de bacterias totales, *Vibrios* spp (excepto a nivel de granja), *Bacillus* spp, fitoplancton y zooplancton (excepto en granja), lo cual repercutió sobre una menor supervivencia y producción de camarón, con un FCA alto; sucediendo a la inversa en los cultivos donde se fertilizó. La mayor tasa de crecimiento del camarón (excepto en granja, cuyo resultado se discute por estar relacionado con baja supervivencia), supervivencia, producción y menor FCA, se presentaron cuando se fertilizó con melaza, tanto en laboratorio como en granja. En ninguno de los tratamientos, los valores obtenidos en las variables de calidad del agua rebasaron los límites permitidos para el cultivo de camarón. Aunque se presentaron casos con diferencias significativa entre tratamientos y en algunos casos valores que pueden provocar una condición crónica de estrés para el camarón. Tanto en laboratorio como en granja, las concentraciones más altas de nitritos, nitratos y amonio, se registraron donde se fertilizó con nitrato de sodio. Mientras que las menores concentraciones en estas variables se registraron donde no se fertilizó, excepto en la concentración de amonio, cuyo menores valores se registraron donde se fertilizó con melaza.

ABSTRACT

The present study aimed to determine the effect of two fertilizers: Sodium nitrate (inorganic) and molasses (organic), on the behavior of the microbiota, water quality and crop production variables in two experimental shrimp *Litopenaeus vannamei* (small scale = laboratory and commercial level = farm) no water exchange. For the laboratory nine tanks that were used had a capacity of 500 L c / u (three replicates per treatment, including treatment as a control group without fertilization). While on-farm experimentation was conducted in six ponds that had a dimension of 1 ha c / u (two replicates per treatment, including treatment as a control group without fertilization). The results showed that overall, both in laboratory and farm in unfertilized crops showed lower concentrations of total bacteria, *Vibrio* spp (except at the farm level), *Bacillus* spp, phytoplankton and zooplankton (except farm), which had an impact on lower survival and production of shrimp. with a high FCA; the reverse happening where fertilized crops. The highest rate of growth of shrimp (except farm, whose results are discussed to be related to poor survival). survival, lower production and FCA, arose when fertilized with molasses, both in laboratory and farm. None of the treatments, the values obtained in water quality variables exceeded the allowable limits for shrimp farming. Although there were significant differences between cases with treatment and in some cases values can cause a chronic condition of stress for shrimp.

Both laboratory and farm higher concentrations of nitrite, nitrate and ammonium, were recorded where fertilized with sodium nitrate. While lower concentrations in these variables were recorded where there was fertilized, except the concentration of ammonium, whose lowest values were recorded which was fertilized with molasses.

I. INTRODUCCIÓN

La camaronicultura es una de las actividades con mayor crecimiento a nivel mundial y en nuestro país se ha desarrollado con una tasa de crecimiento anual de alrededor del 18% en los últimos diez años. En el año 2009 se produjo alrededor de 128,545 ton. Sin embargo, para el 2010 está producción disminuyó hasta 100,000 ton por problemas sanitarios relacionados con el virus del Síndrome del Virus de la Mancha Blanca (WSSV), (COAES, 2010).

Los problemas sanitarios han sido continuos durante la última década, ya que en su mayoría las granjas infectadas vierten sus aguas al ecosistema, permitiendo que como efecto domino otras granjas se infecten, debido a que se ha reportado que el agua de granjas infectadas es un efectivo vehículo de transmisión del virus WSSV (Esparza-Leal *et al.*, 2009; Esparza-Leal *et al.*, 2010; Mañón-Ríos, 2010). Por lo que una de las alternativas para evitar brotes epidémicos es evitar los recambios de agua, para lo cual es necesario aplicar estrategias que permitan que se mantenga una buena calidad de agua en el sistema, ya que si no se realizan recambios ésta tiende a deteriorarse rápidamente.

Dentro de las estrategias que se han reportado para optimizar la calidad del agua en sistemas acuícolas sin recambio se encuentran la implementación de aireación artificial, colocación de tanques de sedimentación, estimulación del crecimiento de bacterias heterótrofas totales a base de la aplicación de melaza (Wang, 1990; Samocha *et al.*, 2007) y uso de fertilizantes para fomentar la producción de fitoplancton (Wasilelesky *et al.*, 2006) y los resultados que se han obtenido son el desarrollo de nuevas tecnologías donde basadas en mejorar la calidad de el agua mediante la oxidación de la materia orgánica dentro del mismo sistema de cultivo, y la incorporación de esta ala cadena troica mediante la estimulación de el crecimiento de las bacterias heterótrofas. (Buoford *et al.*, 2006).

El presente estudio se enfocó en el manejo de la microbiota tanto en un sistema experimental como en uno comercial, ambos sistemas sin recirculación de agua, con el fin de comparar el efecto tanto de la adición dosificada de fertilizante como de melaza (por separado), sobre el comportamiento bacteriano, planctónico, calidad del agua y variables productivas del camarón *Litopenaeus vannamei*. Por lo que la novedad científica del estudio radicó en aportar conocimiento sobre que microbiota se genera con ambos fertilizantes, como se comporta la calidad del agua y como se correlacionan éstas con las variables productivas.

II. ANTECEDENTES

2.1. Retos de la camaronicultura

En la camaronicultura el reto es lograr una óptima tasa de crecimiento con el mínimo costo posible, donde se obtenga como mínimo un crecimiento de 1.2 g/sem (Lara-Maldonado, 1995; Samocha *et al.*, 2007). Para lo cual, se requiere conjuntar varios factores, dentro de los cuales unos de los más importantes son el manejo de una alimentación eficiente mediante la reducción en el nivel de proteína en el alimento (Hari *et al.*, 2004) ya que por cada kilogramo de camarón que se produce se suministra entre 1 y 2 kg de alimento, con la consecuente metabolización y lixiviación del mismo que puede dar como consecuencia una alta generación de metabolitos tóxicos (Focardi *et al.*, 2005). Otros factores son la inmunoestimulación de los organismos bajo diferentes estrategias (Tseng *et al.*, 2009); el favorecer las condiciones ecológicas para evitar que los organismos se estresen (Moriarty *et al.*, 2000) y la estimulación del crecimiento de la microbiota para favorecer el valor proteico del detritus (Burford *et al.*, 2003).

Otro de los retos es disminuir o evitar el recambio de agua, ya que con ello tanto se pueden introducir patógenos al cultivo (Esparza-Leal *et al.*, 2010) como también se descargan altas cantidades de agua rica en nutrientes y otros desechos, que impactan eutrofizando el ecosistema aledaño (McIntosh y Fitzsimmons, 2003). Por lo que el presente estudio se centró en el segundo reto, con el fin de aportar información que permita no recambiar agua sin demeritar la producción de camarón, debido a que ese es el objetivo principal de la industria.

2.2. Sistemas de cultivo

En la actualidad la industria camaronícola se sostiene en tres sistemas de cultivo: extensivo, semi-intensivo e intensivo, cuya tecnificación va de menor a mayor, respetivamente (Martínez-Córdova, 1993; Thakur *et al.*, 2003; Samoha *et al.*, 2007). Recientemente, se ha generado una nueva sub-clasificación

(Gullian, 2011): (1) cultivo en sistemas autótrofos (agua clara), cuya base es un alto recambio de agua; (2) cultivo en sistemas foto-autótrofos (agua verde) que implica favorecer la producción de oxígeno para reducir los costos de aireación y (3) cultivo en sistemas heterótrofos denominado bioflocs o agua oscura, que implica promover la incorporación del amonio a las bacterias heterótrofas para mejorar la calidad de agua y estimular la producción de proteína microbiana. Aunque todos los sistemas de cultivo mencionados terminan siendo mixtos, es decir su producción se basa principalmente en las poblaciones de organismos autótrofos dentro del ecosistema y el consumo de los microorganismos heterótrofos (Campbell, 2005). Además, el equilibrio de estas poblaciones dentro del ecosistema, permite que los organismos bajo cultivo se beneficien por la mejor calidad del agua que se genera, lo cual favorece su sistema de defensa y mejora su nutrición (Moriarty, 2002).

2.3. Fertilización inorgánica y orgánica

El presente estudio se orientó hacia los tipos de cultivo agua verde mediante el uso de fertilización inorgánica (nitrato de sodio) y sistema de cultivo heterótrofo fertilización orgánica (melaza). Los reportes relacionados con nuestro trabajo indican que la fertilización inorgánica puede mejorar la calidad del agua, debido a que se fomenta la producción de fitoplancton, impulsando con ello una mejor condición del sistema de cultivo y nutrición del camarón (Gómez-Aguirre y Martínez-Córdoba, 1998) ya que las microalgas son ricas en aminoácidos esenciales, ácidos grasos poliinsaturados, ácido ascórbico (vitamina C) y riboflavina (vitamina B2) (Brown *et al.*, 1997). Además, se ha determinado que el fitoplancton contiene carotenoides y astaxantinas, lo cual puede favorecer la inmunoestimulación de los organismos (Brown *et al.*, 1997).

El fitoplancton también es el principal productor de oxígeno dentro del estanque durante el día, pero durante la noche, respiran al igual que el resto de los organismos, consumiendo gran parte del oxígeno disponible (Yao *et al.*, 2001). Durante el día, el fitoplancton produce sombra, evitando con ello el crecimiento de algas filamentosas, las cuales pueden ser nocivas para los organismos bajo cultivo (Yao *et al.*, 2001).

El fitoplancton es capaz de absorber directamente los productos metabólicos producidos en el estanque tales como el dióxido de carbono y el amoníaco, cuya alta concentración puede afectar la salud del camarón, ya que el bióxido de carbono en exceso provoca disminución de pH y el amoníaco es un metabolito que dependiendo del pH puede ser tóxico (Frías-Espericueta, 2001).

Dentro del fitoplancton al grupo de las diatomeas se le reconoce como las más deseables, por ser alimento de consumidores superiores y por que generalmente no forman florecimientos algales nocivos, no producen toxinas y se consideran el mejor alimento para el camarón por encima de otro tipo de microalgas (Jory, 1995).

Por otro lado, con relación a la fertilización orgánica, que es con la que se puede estimular el crecimiento de las bacterias heterótrofas en el sistema camaronícola, los estudios reportados con el uso de melaza indican que esta influye sobre la calidad del agua reduciendo las concentraciones de amonio generándose una mejor condición para los organismos en cultivo Burford *et al.* (2003)

Hari *et al.* (2004) menciona que el sistema de cultivo se beneficia generando una mejor calidad de proteína en el sistema de producción. De tal manera que es posible potenciar el crecimiento y una mayor supervivencia, debido a que en los trabajos reportados por Burford *et al.* (2003) y Hari *et al.* (2004) ellos lograron un mayor rendimiento con respecto a estanques sin fertilización y aun sin intercambio de agua.

2.4. Importancia de mantener el equilibrio de la microbiota en los sistemas de cultivo

Se ha reportado que una parte importante que puede solucionar los problemas sanitarios y de producción en la camaronicultura, es el manejo de la microbiota del sistema de cultivo (Moriarty *et al.*, 2000) ya que algunos estudios indican que en cultivos de camarón *P. monodon*, la asociación entre hongos,

fitoplancton y bacterias puede evitar el crecimiento de especies bacterianas patógenas, tales como las del género *Vibrio* spp (Po *et al.*, 2005).

En otros reportes, se menciona que las mejores condiciones para el crecimiento y salud del camarón dentro de los cultivos sin recambio de agua, se pueden lograr con el desarrollo de una cadena trófica bien estructurada entre los nutrientes-bacterias-fitoplancton-otras especies (Lara-Maldonado, 1995). Con esta estructura armónica se puede favorecer la supervivencia de los organismos, además de disminuir el impacto al medio ambiente por la reducción en la descarga de los efluentes (Páez-Osuna, 2003).

La base del desarrollo de una buena cadena trófica, está en el aprovechamiento que se de los nutrientes por parte de los microorganismos, que dentro de sus funciones fundamentales está la de suministrar los compuestos inorgánicos con una valencia adecuada para que las microalgas y bacterias puedan utilizarlos y, con lo cual estas contribuyan a la descomposición de la materia orgánica (Campbell, 2005).

Los microorganismos son componentes normales de los ecosistemas y su importancia y estudio es de vital importancia. A este respecto, Deschryver *et al.* (2008) mencionan que la utilización óptima del alimento natural, incluyendo comunidades bacterianas dentro de los estanques son sistemas de co-cultivo de bacterias heterótrofas, estos sistemas han presentado mejores condiciones de cultivo para el camarón.

Se ha reportado que las microalgas son capaces de absorber directamente algunos metabolitos tóxicos que se generan en un estanque de cultivo (Whitfield, 1978) e inclusive que algunas son capaces de inhibir bacterias patógenas (Po *et al.*, 2005). Por lo cual el estudio relacionado con el manejo de la microbiota bajo condiciones de cero recambios de agua, es de suma importancia para poder establecer cultivos camaronícolas altamente rentables y sustentables.

II. JUSTIFICACIÓN

Actualmente el desarrollo de la camaronicultura se ha visto limitado por epidemias virales y, uno de los principales virus que ha provocado pérdidas hasta del 100% en granjas camaronícolas (WSSV) se puede transmitir de una granja infectada a otra por la vía acuática. Por lo que una de las estrategias que puede evitar la epidemia viral provocada por WSSV es limitar el recambio de agua. Sin embargo, la falta de recambio provoca un deterioro en la calidad de agua, lo cual implica complementar la estrategia de cero recambio de agua con estrategias que solventen este deterioro del agua.

Tanto en experiencias a nivel comercial como en algunos trabajos publicados, se ha determinado que algunos fertilizantes orgánicos e inorgánicos pueden mejorar la calidad del agua en sistemas acuícolas, por lo cual en el presente estudio nos enfocamos a comparar el efecto de dos fertilizantes: Nitrato de Sodio (inorgánico) y melaza (orgánico), sobre el comportamiento de la microbiota de dos cultivos experimentales, uno a pequeña escala y otro a nivel comercial, con el fin de determinar su impacto en la calidad del agua y variables productiva del camarón *L. vannamei*. Tal información puede ser útil para la toma de decisiones de los camaronicultores, ya que la estrategia de cero recambio se va convirtiendo en una necesidad ante el impacto que se sigue teniendo con las enfermedades virales.

IV. OBJETIVOS

General:

Determinar el efecto de dos fertilizantes: Melaza (orgánico) y Nitrato de Sodio (inorgánico), sobre el comportamiento de la microbiota, calidad del agua y variables productivas en dos cultivos experimentales de camarón *L. vannamei* (a pequeña escala en laboratorio y a nivel comercial en granja), sin recambio de agua.

Específicos:

1. Evaluar el efecto de la melaza y nitrato de sodio sobre la microbiota (bacterias totales, *Vibrio* spp, *Bacillus* spp, fitoplancton, zooplancton), calidad del agua (nitritos, nitratos, amonía, fosfatos, pH, OD, salinidad y temperatura) y variables productivas (crecimiento, supervivencia, producción y factor de conversión alimenticia [FCA]) en un cultivo comercial de camarón *L. vannamei*, sin recambio de agua.

2. Evaluar el efecto de la melaza y nitrato de sodio sobre la microbiota (bacterias totales, *Vibrio* spp, *Bacillus* spp, fitoplancton, zooplancton), calidad del agua (nitritos, nitratos, amonía, fosfatos, pH, OD, salinidad y temperatura) y variables productivas (crecimiento, supervivencia, producción y factor de conversión alimenticia [FCA]) en un cultivo a pequeña escala, sin recambio de agua.

V. HIPÓTESIS

La melaza y el nitrato de sodio afectan de manera diferente el comportamiento de la microbiota, calidad del agua y variables productivas de un cultivo experimental de camarón *L. vannamei* sin recambio de agua, sosteniéndose dicho efecto tanto a pequeña escala (laboratorio) como a nivel comercial (granja).

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Área de estudio

El presente estudio se realizó tanto pequeña escala (laboratorio ubicado en Guamúchil, Salvador Alvarado) como a nivel comercial (granja ubicada en Angostura: 25° 20' 33" latitud norte y 108° 22' 41" longitud oeste), durante 90 días

6.2. Diseño experimental

6.2.1. Cultivo experimental a pequeña escala (laboratorio)

Para el cultivo experimental en laboratorio se utilizaron nueve tanques que tenían una capacidad de 500 L c/u y que se forraron con plástico de poliuretano. Se evaluaron dos tratamientos, donde se utilizó un bloque de tres tanques por tratamiento (cada tanque representó una réplica del tratamiento): (1) cultivo de camarón con suministro semanal de melaza (fertilizante orgánico), (2) cultivo de camarón con suministro semanal de nitrato de sodio (fertilizante inorgánico). Adicionalmente como grupo testigo, se cultivó camarón sin suministro de los fertilizantes mencionados, manejando también tres réplicas (un tanque por réplica).

Todos los cultivos se manejaron sin recambio de agua, con foto período y temperatura ambiental; así como con una misma estrategia de manejo de alimentación (mismo alimento comercial: Purina[®], misma tasa de alimentación: 18 % de la biomasa al inicio hasta 3% de la biomasa al final, misma frecuencia de alimentación: dos veces por día). Previo a dar inicio a la etapa experimental, cada tanque fue llenado con agua transportada de la granja que se uso para la otra experimentación (salinidad: 37 ups), se transportó sedimento para poner en el fondo de cada tanque una capa de aproximadamente 7 cm de espesor, una vez realizado lo anterior a cada tanque

se le colocó dos piedras difusoras para suministrar aireación con un compresor de ¼ hp (Marca Aquarama). A cada una de las tinas se les sembró camarón (peso promedio = 4.0 ± 0.3 g) a razón de 20 orgs/m². Dichos organismos provenían de la granja donde se realizó la experimentación al mismo tiempo que en el laboratorio.

6.2.2. Cultivo a nivel comercial (Granja)

Ésta etapa experimental se inició al mismo tiempo que la del laboratorio, cuando los organismos ya mantenían un peso promedio de 4.0 ± 0.3 g. Previo a ello, ya se había establecido la selección de seis estanques de una granja comercial, que tenían las mismas dimensiones (1 ha), con el fin de utilizar los mismos tratamientos experimentales que se iban a realizar en laboratorio: (1) cultivo de camarón con suministro semanal de melaza, (2) cultivo de camarón con suministro semanal de nitrato de sodio y un grupo control sin suministro de los fertilizantes. En este caso, por disponibilidad de estanques por ser un cultivo comercial, solo se utilizó dos estanques por tratamiento (cada uno de ellos representó una réplica). También en esta experimentación todos los cultivos se manejaron sin recambio de agua, con fotoperiodo y temperatura ambiental; así como con una misma estrategia de manejo de alimentación (mismo alimento comercial: Purina[®], misma tasa de alimentación: 18 % de la biomasa al inicio hasta 3% de la biomasa al final, misma frecuencia de alimentación: dos veces por día). Previo a dar inicio a la etapa experimental, cada estanque fue llenado con agua marina (37 ups) tomada del estero el Caimán, que se abastece del Golfo de California. Cada uno de los estanques se sembró con postlarvas PL´14, a razón de 10 orgs/m². Dichos organismos provenían de un laboratorio comercial.

6.3. Tasa de aplicación de melaza y nitrato de sodio

Semanalmente se le suministró a los tanques (laboratorio) y estanques experimentales (granja), proporcional al volumen de agua y según el tratamiento melaza a razón de 1.25 g/m³ y nitrato de sodio a razón de 0.50

mL/m³. Las características de la melaza se presentan en la tabla 1 y las de el nitrato de sodio en la tabla 2.

Tabla 1. Composición química de la melaza (Téllez 2004).

Elemento	(%)	Elemento	(%)	Elemento	(ppm)
Materia Seca	78.00	Magnesio	0.35	Colina	600
Proteínas	3.00	Fósforo	0.08	Niacina	48.86
Sacarosa	60-63	Potasio	3.68	Pantotéico	42.90
Azúcares reductores	3-5	Glisina	0.10	Piridoxina	44.00
Otros azucares	16.00	Leucina	0.01	Pióflavina	4.40
Agua	16.00	Lisina	0.01	Tiamina	0.88
Grasas	0.40	Treonina	0.06		
Cenizas	9.00	Valina	0.02		
Calcio	0.74				

Tabla 2. Composición química del Nitrato de Sodio (Nutrilake). (Castro, 2000)

Elemento	(%)
Nitrógeno Nítrico (NO ₃)	15
Sodio (Na)	23
Silicato Soluble (SiO ₂)	4.00
Boro (B)	0.035
Magnesio (Mg)	0.15
Azufre (S)	0.08
Potesio (K)	0.37

6.4. Muestreo y análisis para determinar el comportamiento de la microbiota, calidad del agua y variables productivas

Tanto para determinar el comportamiento de la microbiota como de la calidad del agua en los cultivos experimentales de laboratorio y granja, se tomaron muestras semanalmente. Adicionalmente, en ambos trabajos experimentales diariamente (dos veces por día) se registró la temperatura y concentración de oxígeno disuelto (OD). Mientras que dentro de las variables productivas, el crecimiento se evaluó quincenalmente y la supervivencia, producción y FCA hasta concluir el estudio.

6.4.1. Bacterias

Tomando en cuenta la metodología propuesta por Roque (2003), por un periodo de 24 h previo a realizar las siembras, se prepararon los medios de cultivo en matraces erlenmeyer con agua destilada y el agar correspondiente adicionándoles 2,5 % de cloruro de sodio para emular las condiciones salinas del agua utilizada en los trabajos experimentales. Los medios de cultivo se esterilizaron en una autoclave marca Presto durante 20 minutos a 121 °C. Posteriormente, una vez que se enfriaron los medios de cultivo, según correspondía se vertieron 10 mL estos a cada una de las cajas de petri donde se iban a sembrar las muestras de agua.

Para evaluar la concentración bacteriana en cada uno de los tratamientos, tanto de laboratorio como de granja, sin tocar el fondo de cada tanque y estanque, se tomaron muestras de agua con una botella de vidrio con tapón móvil (capacidad = 250 ml), de esta muestra se tomó en cada caso una submuestra (20 µL) para sembrar en placas estériles por triplicado, tanto en agar marino (para determinar la concentración total de bacterias) como en medio TCBS (selectivo para *Vibrio* spp) y MYP (Agar manitol-yema de huevo-polimixina-rojo fenol, que es selectivo para *Bacillus* spp). La incubación se realizó a una temperatura de 30°C por 24 h. Posterior a este periodo de tiempo,

se procedió a determinar la concentración bacteriana en cada una de las placas (UFC/mL).

6.4.2. Plancton

Para determinar la concentración de fitoplancton y zooplancton en cada muestreo, de cada uno de los tanques y estanques experimentales se tomaron 10 L (para fitoplancton) y 20 L (para zooplancton) que se filtraron con mallas de 1 μ y 50 μ , respectivamente, con el fin de conservar los elementos filtrados en botes de 250 ml, fijarlos con lugol (1mL/L) y en el caso de los de granja transportarlos al laboratorio, para posteriormente hacer las evaluaciones correspondientes mediante el uso de microscopio óptico y estereoscópico con las técnicas propuesta por Olivera *et al.*, (2004). En el caso del fitoplancton se identificaron los grupos más representativos, tales como las diatomeas, Cianofitas, Clorofitas y Dinoflageados. Al igual que en el caso del zooplancton, cuyos grupos más representativos son los Copépodos, Rotíferos, Larvas de Poliquetos y otros.

6.4.3. Calidad del agua

Para analizar la calidad del agua se tomaron muestras de agua en botellas de 250 mL de cada una de las unidades experimentales, tanto de laboratorio como de granja, en cada caso previo al análisis de nitrato, nitrito y fosfato el agua de la muestra se pasó por un filtro Whatman de poro de 0.7 μ m (GF/C). De igual manera con botes de 250 mL se tomaron muestras de cada unidad experimental para determinar la concentración de amonio, las cuales se fijaron con 1 mL de alcohol fenol al 90 %, para realizar los análisis una vez que fue concluido el muestreo. En todos los casos los análisis se realizaron con las técnicas propuestas por Murphy y Ryley (1962) y Strickland y Parson (1972). El resto de las variables físico-químicas, tales como OD, temperatura, pH y salinidad se registraron *In situ* con un oxímetro (YSI 59), un potenciómetro (Hanna modelo H125) y un refractómetro (Atago), respectivamente.

Las concentraciones de nutrientes fueron expresadas en mg/L esto tanto Para la granja de cómo para los bioensayos en laboratorio.

6.4.4. Variables productivas

Quincenalmente se registró el peso de los organismos de las unidades experimentales de cada tratamiento (laboratorio y granja), para determinar la tasa de crecimiento utilizando la siguiente fórmula:

$$Tc = (P_i - P_f / t);$$

Donde Tc es la tasa de crecimiento, P_i y P_f es el peso promedio inicial y final respectivamente y, t es el tiempo.

La supervivencia se calculó al finalizar el ciclo experimental usando la siguiente fórmula:

$$S = (T_i / T_f) * 100;$$

Donde S es la supervivencia, T_i y T_f son organismos sembrados y supervivientes respectivamente.

La producción y FCA se calcularon también al finalizar el ciclo experimental usando las siguientes dos fórmulas:

$$\text{Producción (kg/ha)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de orgs supervivientes} \times \text{peso promedio de los organismos}}{\text{Área sembrada}}$$

*En el caso de los resultados de laboratorio, los valores de producción se extrapolaron a kg/ha, con el fin de realizar un comparativo potencial de la producción bajo el sistema de cero recambio. De antemano sabiendo que no es posible comparar directamente la producción generada entre ambos sistemas experimentales, debido al diferendo de área, productividad y manejo.

$$\text{FCA} = \frac{\text{Cantidad de alimento suministrado}}{\text{Biomasa generada}}$$

6.5. Análisis estadístico

La evaluación estadística de la información se realizó mediante de análisis exploratorio de datos; para asumir las desviaciones de las variables estudiadas, se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para la homogeneidad de varianzas; la prueba de Barlett y ANOVA para la comparación de medias, seguido de una prueba posterior para la comparación múltiple (Zar, 1984).

VII. RESULTADOS

7.1. Microbiota

7.1.1. Bacterias totales

En el estudio de laboratorio, se presentaron diferencias significativas en la concentración de bacterias totales entre los tratamientos bajo fertilización orgánica (melaza) e inorgánica (nitrato de amonio) con el grupo testigo no fertilizado ($P < 0.05$; Fig. 1). Mientras que en el trabajo experimental de granja, las diferencias significativas entre tratamientos se presentaron entre el de melaza con los de nitrato de amonio y grupo testigo ($P < 0.05$; Fig. 1).

La mayor concentración de bacterias en el estudio de laboratorio, se presentó en los tanques fertilizados con nitrato de amonio (170,000 UFC/mL); mientras que en el trabajo de granja, se registró una mayor concentración en los estanques fertilizados con melaza (480,000 UFC/mL; Fig. 1). En ambas investigaciones se registró una concentración bacteriana mínima similar, tanto para los estanques fertilizados como para el grupo testigo. Además, para ambos estudios fue constante la menor concentración bacteriana promedio en el grupo testigo. Tanto a nivel de laboratorio como en granja, se observó una mayor concentración bacteriana a partir de la tercer quincena de cultivo (Fig. 1).

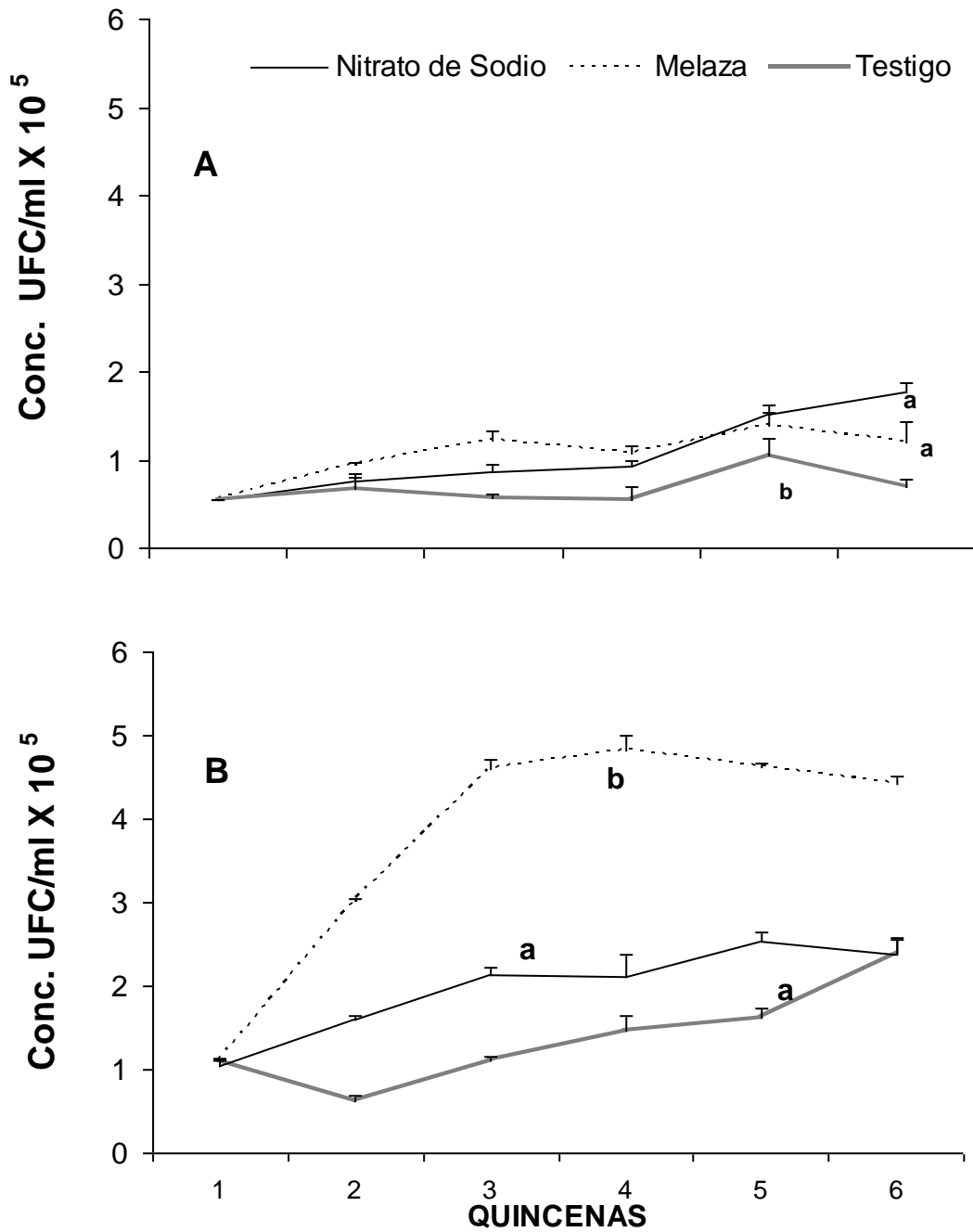


Figura 1. Concentración de bacterias totales en el agua de cultivos experimentales de camarón *Litopenaeus vannamei*, tanto a nivel de laboratorio (A) como a nivel de granja (B), bajo similares tratamientos de fertilización (nitrato de sodio, melaza y testigo). Letras diferentes representan diferencias significativas.

7.1.2. *Vibrio* spp

A nivel de laboratorio no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos de fertilización ensayados ($P > 0.05$), pero si entre estos con el grupo testigo ($P < 0.05$; Fig. 2A); lo cual fue similar a lo observado a nivel de granja (Fig. 2B), con la diferencia de que a nivel de granja la mayor concentración de *Vibrios* spp (30,500 UFC/mL) se presentó en el cultivo testigo (no fertilizado) a la inversa de lo registrado en laboratorio. Otra de las diferencias que se presentaron fue que a nivel de laboratorio se observó un incremento constante de la concentración de *Vibrios* spp, aunque de baja proporción, conforme se incrementó el tiempo de cultivo, en contraste a lo que se registró a nivel de granja, donde a partir de la tercer quincena de cultivo se presentó una disminución constante en dicha concentración.

7.1.3. *Bacillus* spp

La concentración de *Bacillus* spp en el agua del cultivo de camarón a nivel de laboratorio presentó diferencias significativas tanto entre los tratamientos con fertilización como entre estos y el testigo no fertilizado ($P < 0.05$; Fig. 3A). En contraste parcial a lo observado a nivel de granja, ya que no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos con fertilización ($P > 0.05$), pero si entre estos con el testigo no fertilizado ($P < 0.5$; Fig. 3B).

A nivel de laboratorio, fue más evidente el incremento de la concentración de *Bacillus* spp principalmente en el tratamiento con fertilización de nitrato de sodio, donde se presentaron valores de alrededor de 13,800 UFC/mL, contrario a lo que se registró a nivel de granja donde el incremento de estas bacterias fue menor conforme avanzó el ciclo de cultivo, con valores que no rebasaron las 6,200 UFC/mL (Fig. 3).

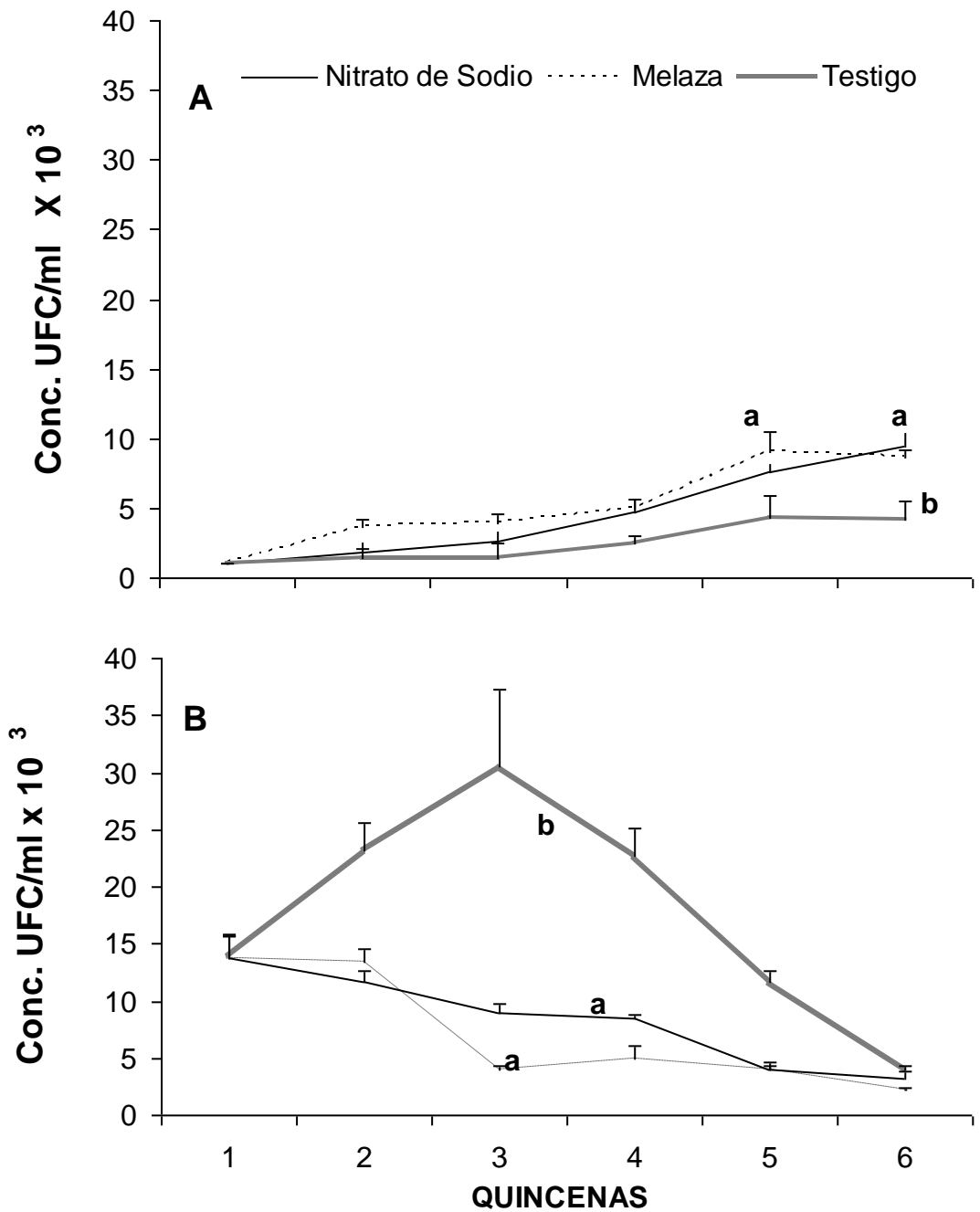


Figura 2. Concentración de *Vibrio* spp en el agua de cultivos experimentales de camarón *L. vannamei*, fertilizados (nitrato de sodio o melaza) y no fertilizados (testigo), tanto a nivel de laboratorio (A) como en granja (B). Letras diferentes representan diferencias significativas.

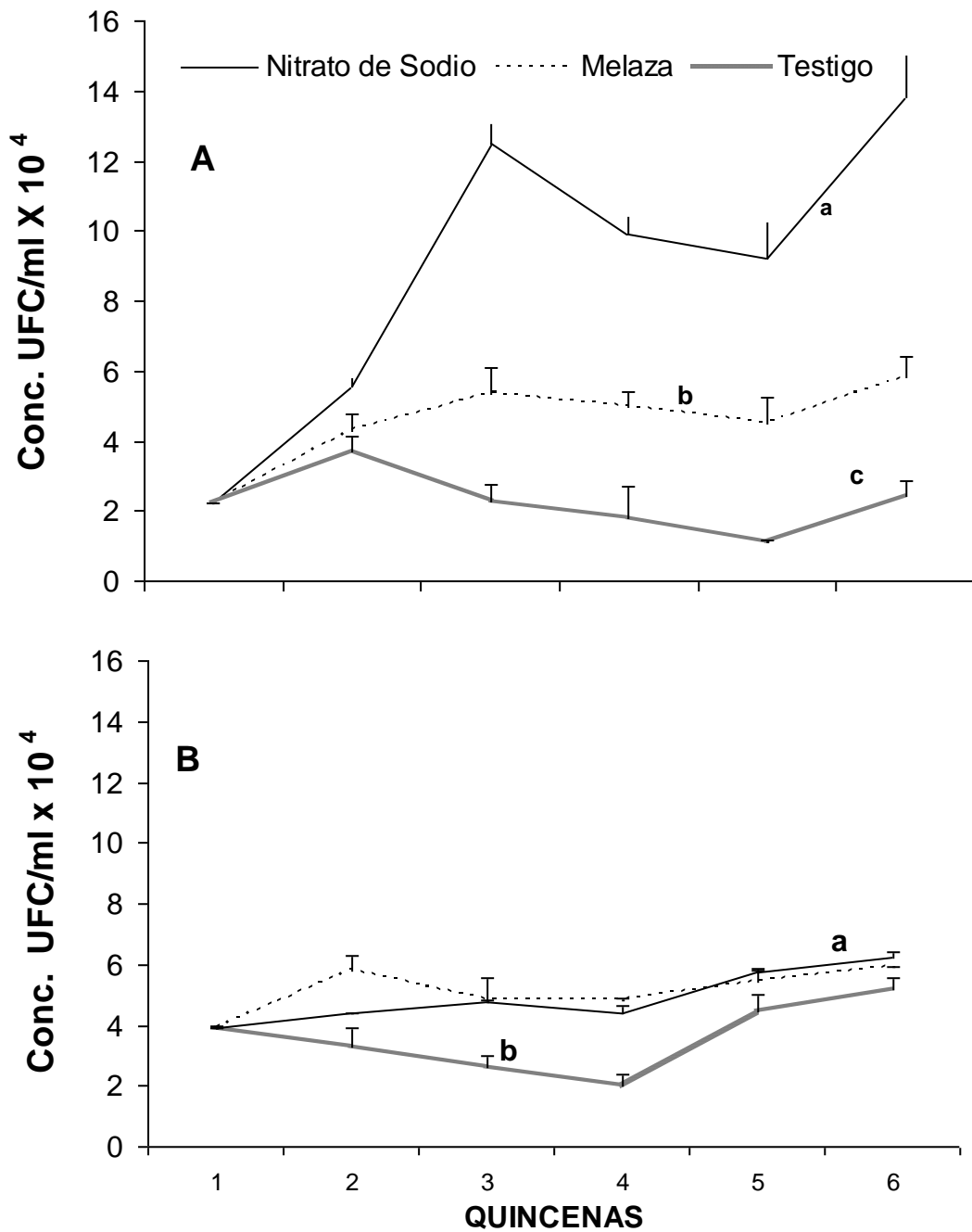


Figura 3. Concentración de *Bacillus* spp en el agua de cultivos experimentales de camarón *L. vannamei*, fertilizados (nitrato de sodio o melaza) y no fertilizados (testigo), tanto a nivel de laboratorio (A) como de granja (B). Letras diferentes representan diferencias significativas.

7.1.4. Fitoplancton

En el estudio de laboratorio se presentaron diferencias significativas tanto entre los cultivos tratados con fertilización ($P < 0.05$), como entre estos y el cultivo testigo no fertilizado ($P < 0.05$; Fig. 4). Lo mismo sucedió a nivel de granja, con la diferencia de que a nivel de laboratorio se presentó una mayor concentración de fitoplancton en los cultivos fertilizados, con valores superiores a 1,000,000 de cel/mL; mientras que a nivel de granja, la mayor concentración de fitoplancton no fue superior a las 600,000 cel/mL (Fig. 4).

En ambos estudios (laboratorio y granja), la mayor concentración de fitoplancton se presentó en los cultivos fertilizados con nitrato de sodio y la menor en el cultivo testigo no fertilizado (Fig. 4). Sin embargo, se diferenciaron los resultados de los estudios porque a nivel de laboratorio se presentó una mayor predominancia de las microalgas del grupo de las clorofitas tanto en los cultivos fertilizados como en el grupo testigo no fertilizado y, en granja predominaron las cianofitas en todos los tratamientos (Figs. 5, 6 y 7).

7.1.5. Zooplancton

En el estudio de laboratorio no se presentaron diferencias significativas en la concentración de zooplancton en el agua de los cultivos de camarón de los tres tratamientos ($P > 0.05$; Fig. 8A). Sin embargo, a nivel de granja se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos de fertilización (nitrato de sodio y melaza) y los cultivos testigo no fertilizados ($P < 0.05$), siendo en estos últimos donde se observaron las mayores concentraciones de zooplancton con niveles hasta de 6,570 orgs/L, cuyo grupo dominante fueron los rotíferos del género *Brachionus* spp (Fig. 8).

Tanto a nivel de laboratorio como de granja, los grupos de zooplancton dominantes, tanto para los cultivos fertilizados como en los no fertilizados, fueron los de copépodos y rotíferos, seguido con menores concentraciones de larvas de poliquetos (Figs. 9, 10 y 11).

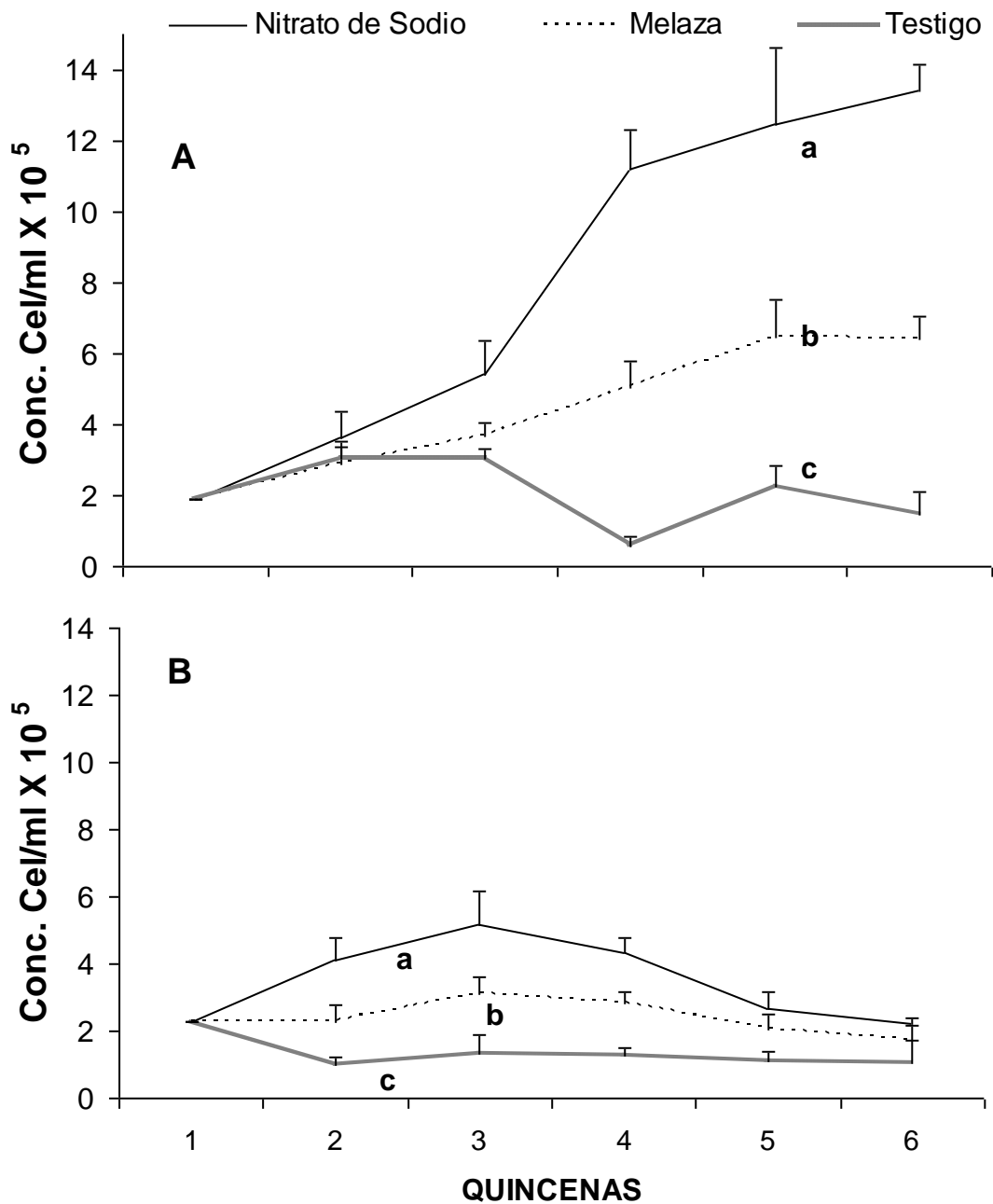


Figura 4. Concentración de fitoplancton en el agua de cultivos experimentales de camarón *L. vannamei*, fertilizados (nitrato de sodio o melaza) y no fertilizados (testigo), tanto a nivel de laboratorio (A) como de granja (B). Letras diferentes representan diferencias significativas.

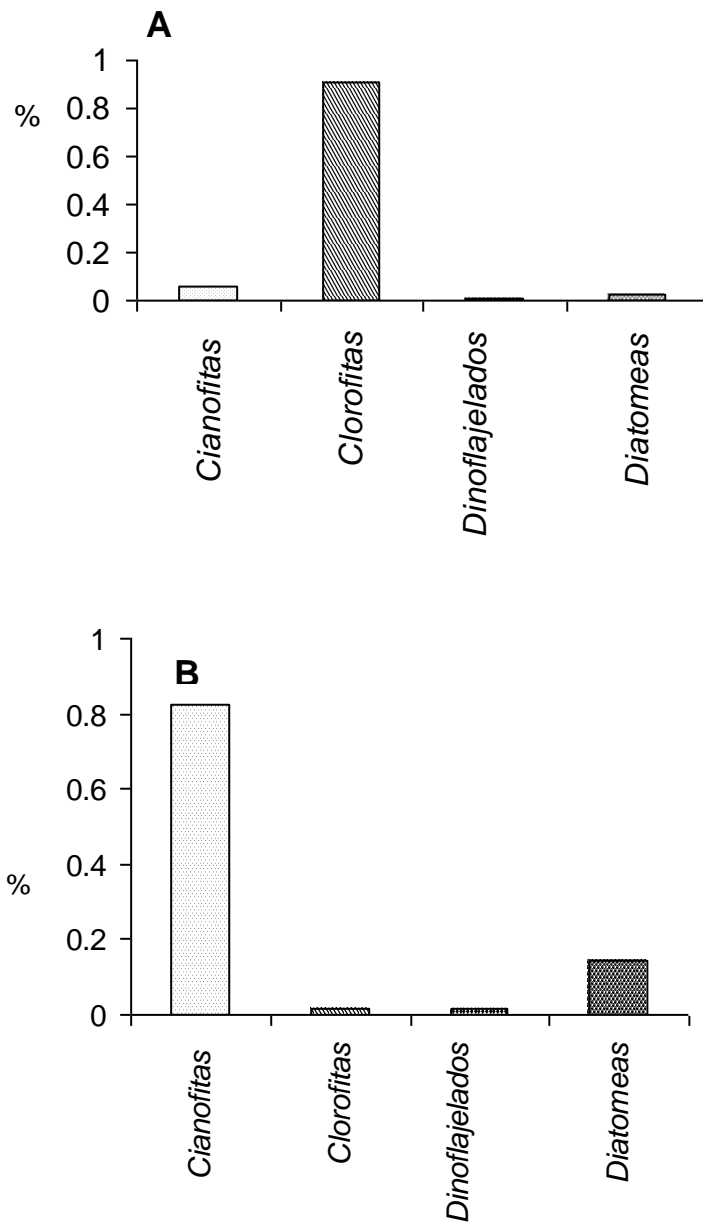


Figura 5. Grupos de fitoplancton dominantes en el agua de cultivos experimentales de camarón *L vannamei*, fertilizados con nitrato de sodio, tanto a nivel de laboratorio (A) como de granja (B).

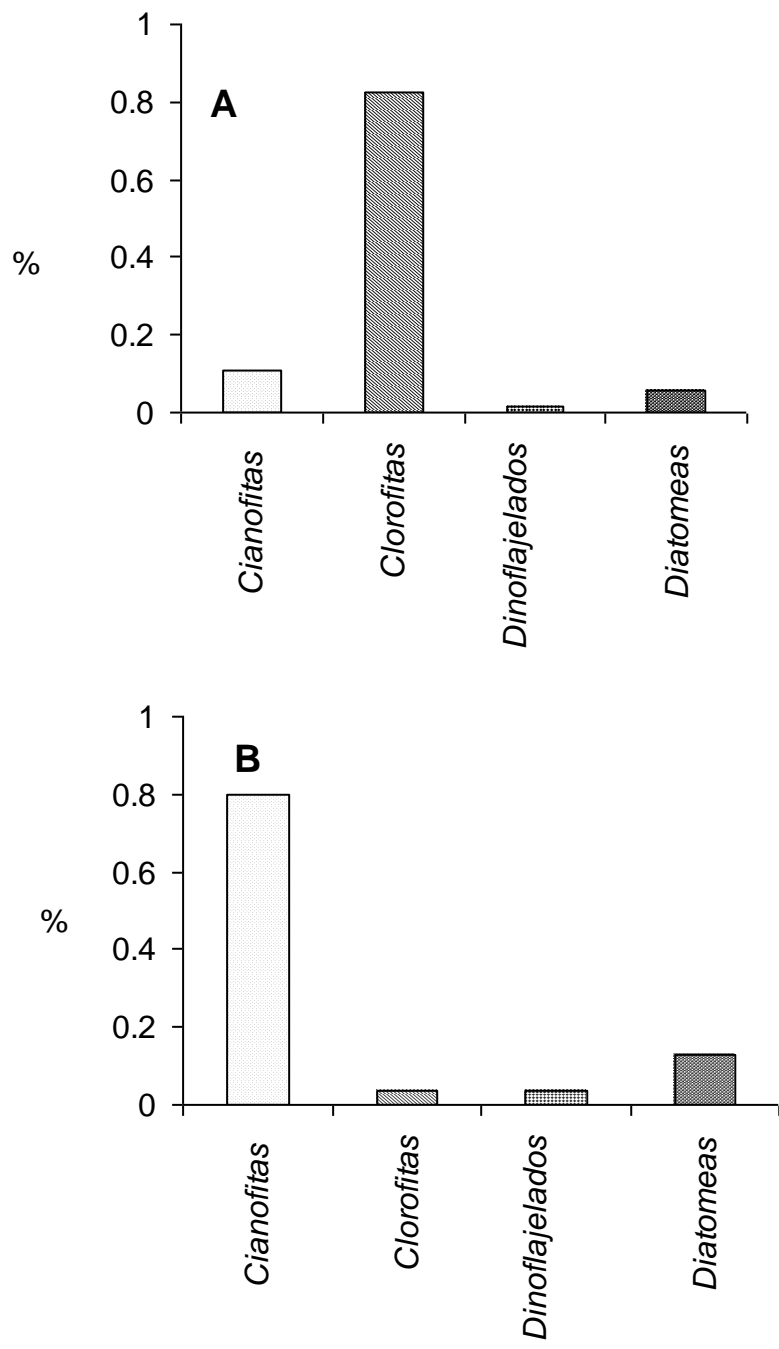


Figura 6. Grupos de fitoplancton dominantes en el agua de cultivos experimentales de camarón *L. vannamei*, fertilizados con melaza, tanto a nivel de laboratorio (A) como de granja (B).

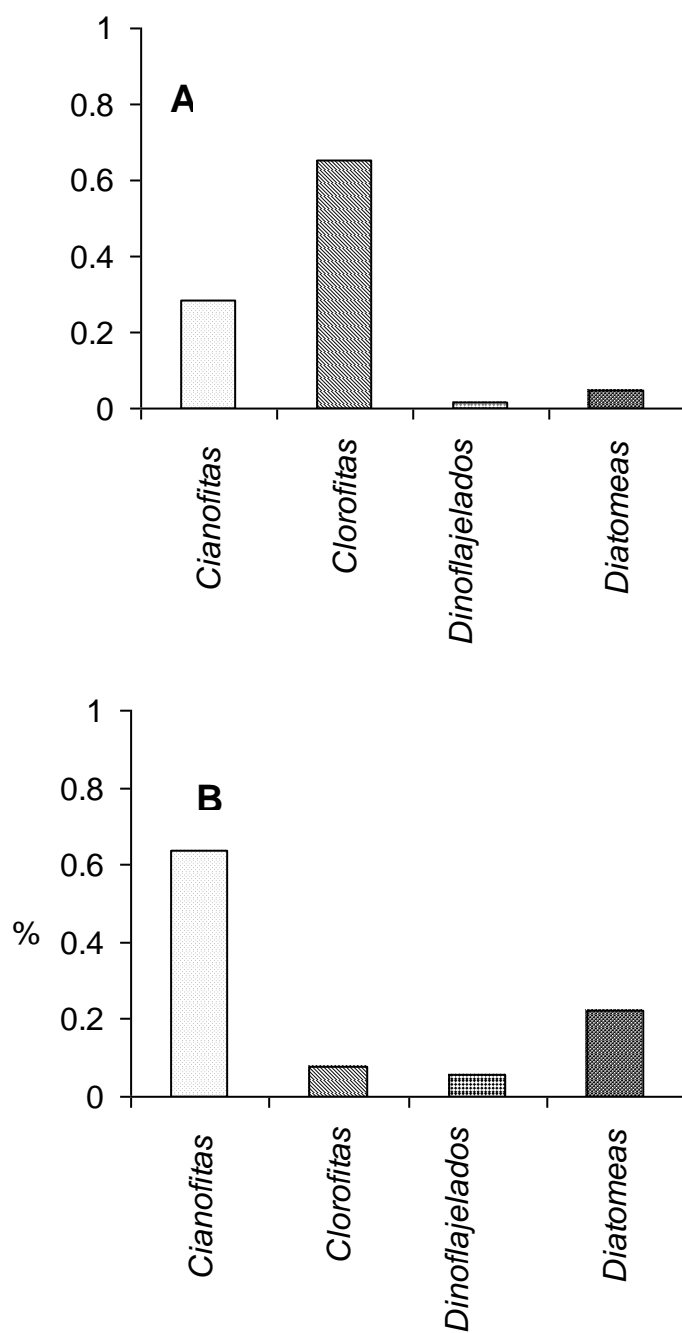


Figura 7. Grupos de fitoplancton dominantes en el agua de cultivos experimentales de camarón *L. vannamei*, sin fertilizar (testigo), tanto a nivel de laboratorio (A) como de granja (B).

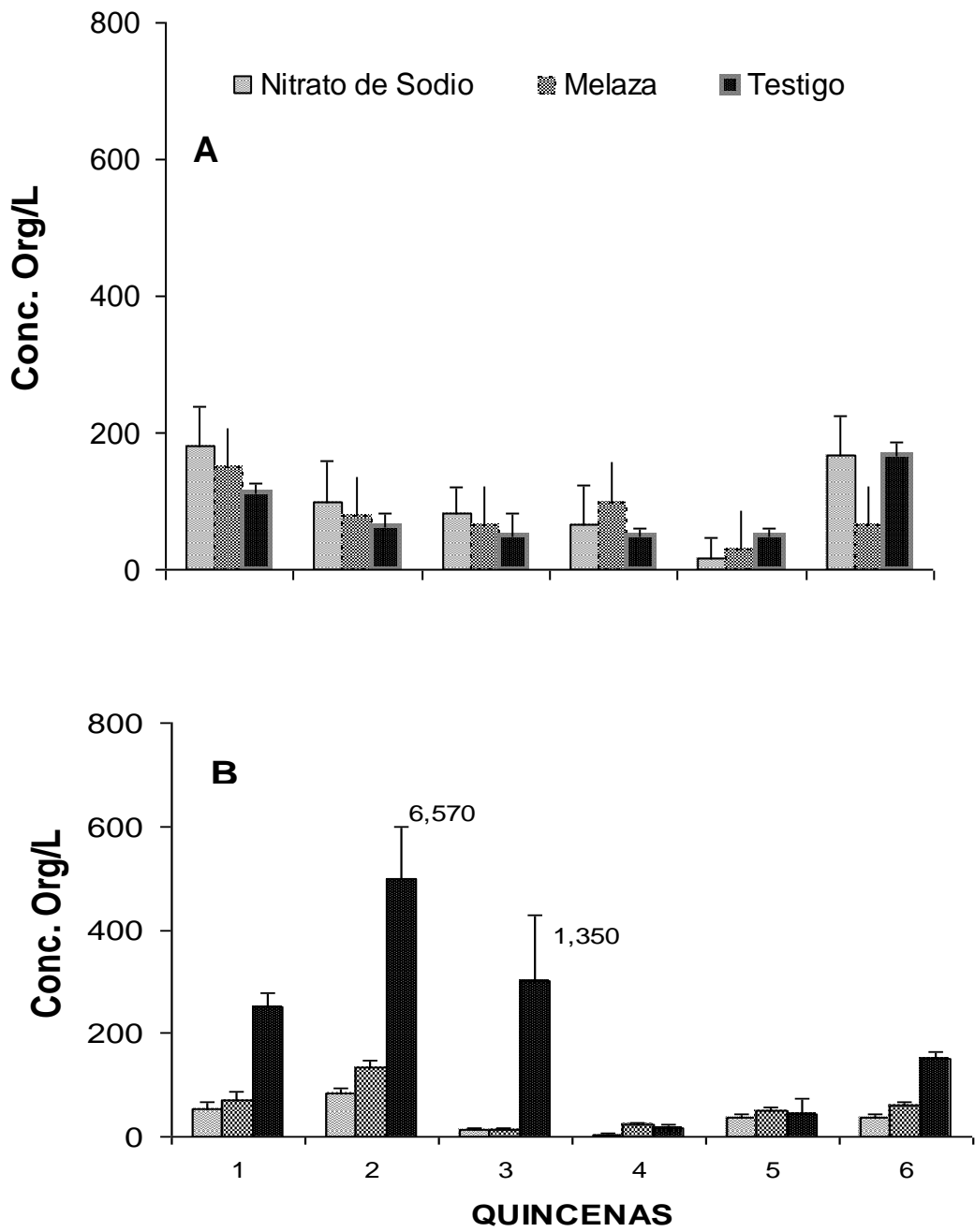


Figura 8. Concentraciones promedio de zooplancton en cultivos experimentales de camarón *L. vannamei*, fertilizados (nitrato de sodio o melaza) y no fertilizados (testigo), tanto a nivel de laboratorio (A) como en granja (B). Letras diferentes representan diferencias significativas.

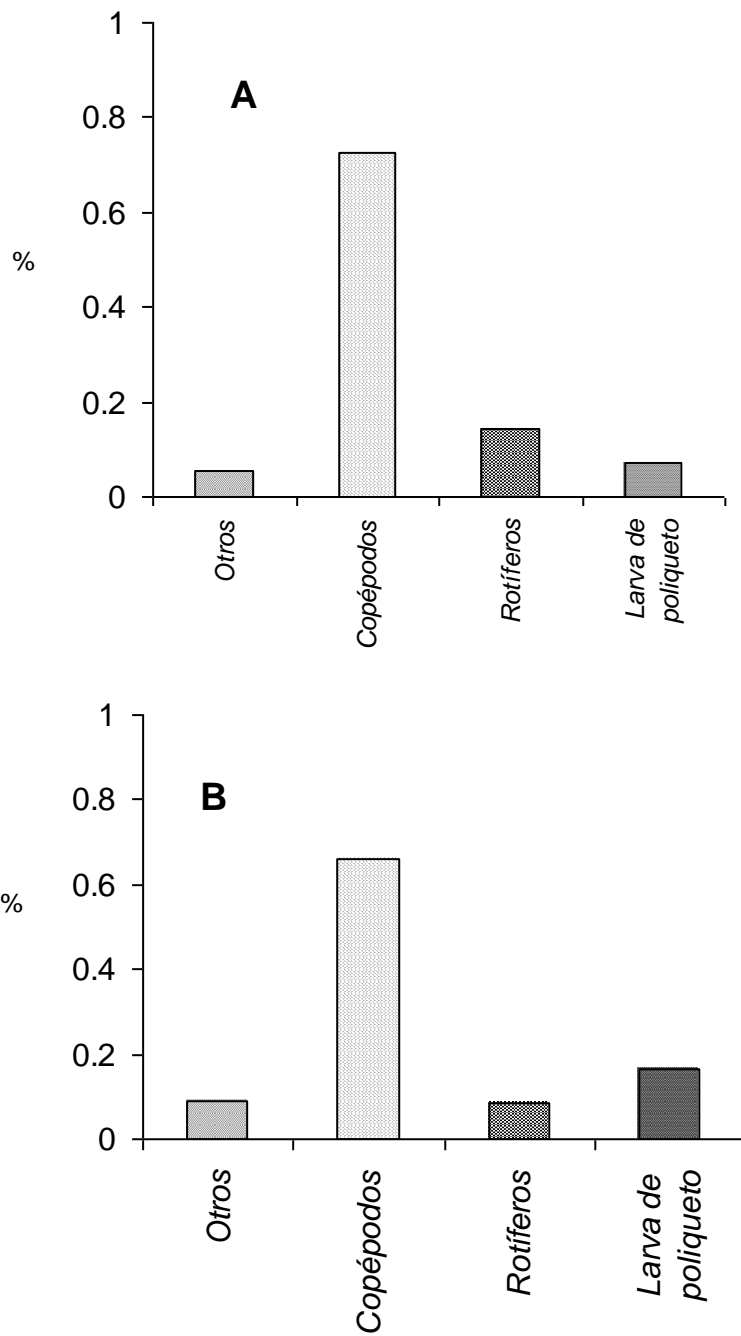


Figura 9. Grupos de zooplancton dominantes en los cultivos experimentales de camarón *L. vannamei*, fertilizados con nitrato de sodio, tanto a nivel de laboratorio (A) como en granja (B).

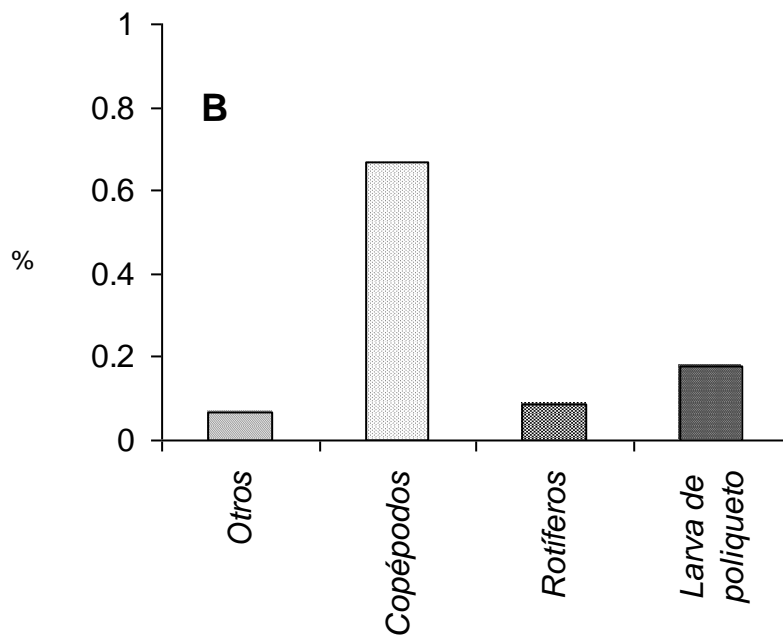
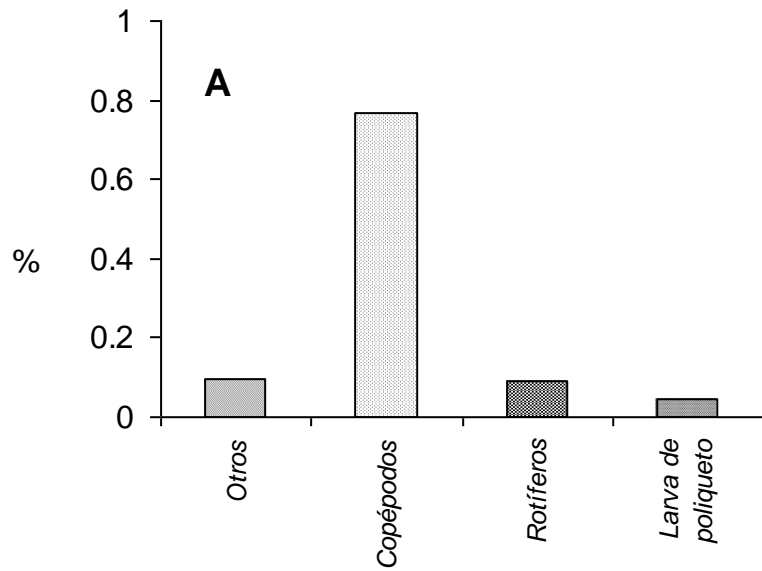


Figura 10. Grupos dominantes de zooplancton en cultivos experimentales de camarón *L. vannamei*, fertilizados con melaza, tanto a nivel de laboratorio (A) como en granja (B).

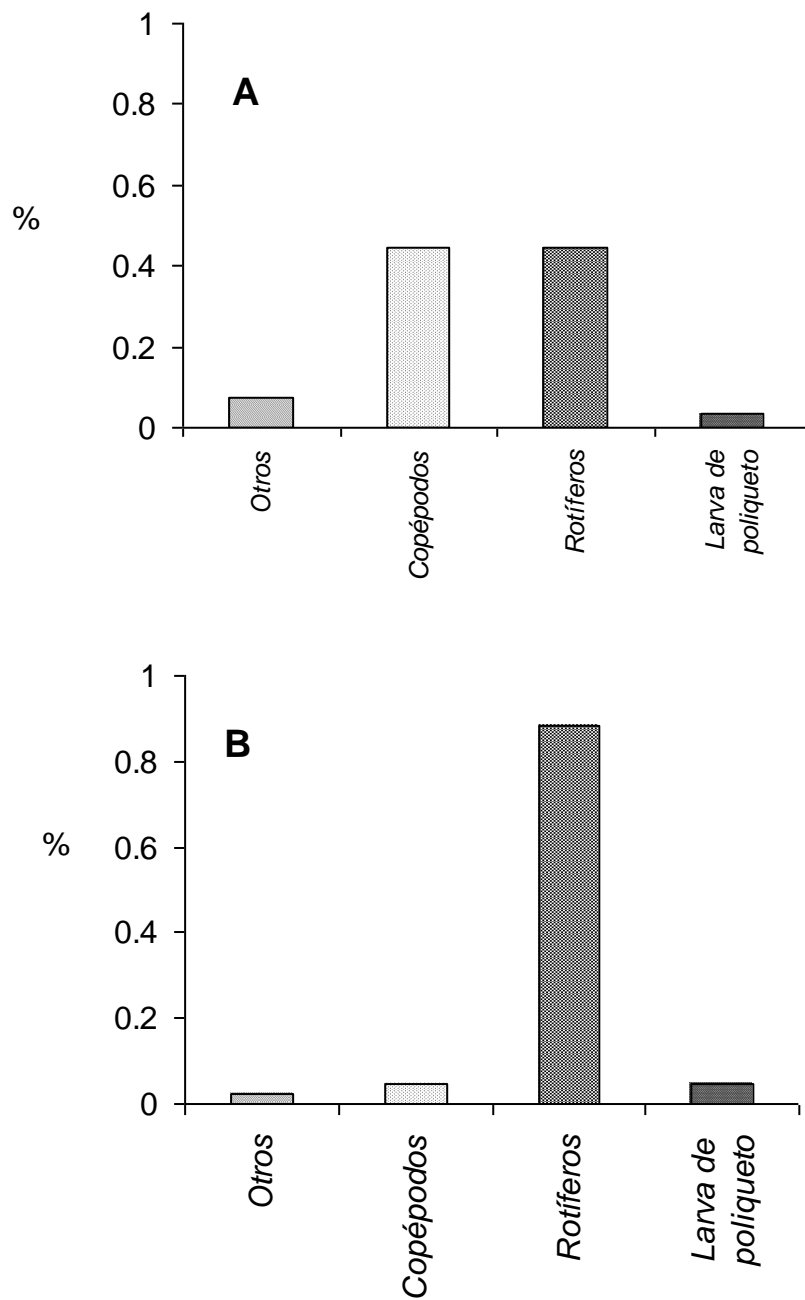


Figura 11. Grupos dominantes de zooplancton en cultivos experimentales de camarón *L. vannamei* no fertilizados, tanto a nivel de laboratorio (A) como en granja (B).

7.2. Calidad del agua

7.2.1 Nitritos

Tanto a nivel de granja como en laboratorio, las concentraciones de nitritos presentaron diferencias significativas entre los cultivos fertilizados con nitrato de sodio y, los tratados con melaza y grupo testigo no fertilizado ($P < 0.05$; Fig. 12). Los valores de esta variable, en ningún caso rebasaron los 2 mg/L y, los mayores y menores valores a nivel de laboratorio se presentaron donde se fertilizó con nitrato de sodio (1.7 mg/L) y grupo testigo no fertilizado (0.5 mg/L), respectivamente. Mientras que a nivel de granja, se presentó la misma tendencia que en laboratorio, pero la concentración de nitritos fue menor, ya que el mayor y menor valor fue de 0.08 mg/L (nitrato de sodio) y 0.03 mg/L (testigo), respectivamente.

7.2.2. Nitratos

Se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos fertilizados con nitrato de sodio y, tratados con melaza y grupo control no fertilizado ($P < 0.05$; Fig. 13). Dichas diferencias fueron similares tanto en el estudio de laboratorio como en el de granja, con la excepción de que a nivel de granja las concentraciones de nitrato registradas para todos los tratamientos fueron ampliamente superiores a las encontradas a nivel de laboratorio, ya que en el caso de granja los valores no rebasaron los 2 mg/L, mientras que en laboratorio las mayores concentraciones fluctuaron entre 2.4 (testigo) y 7.2 mg/L (nitrato de sodio).

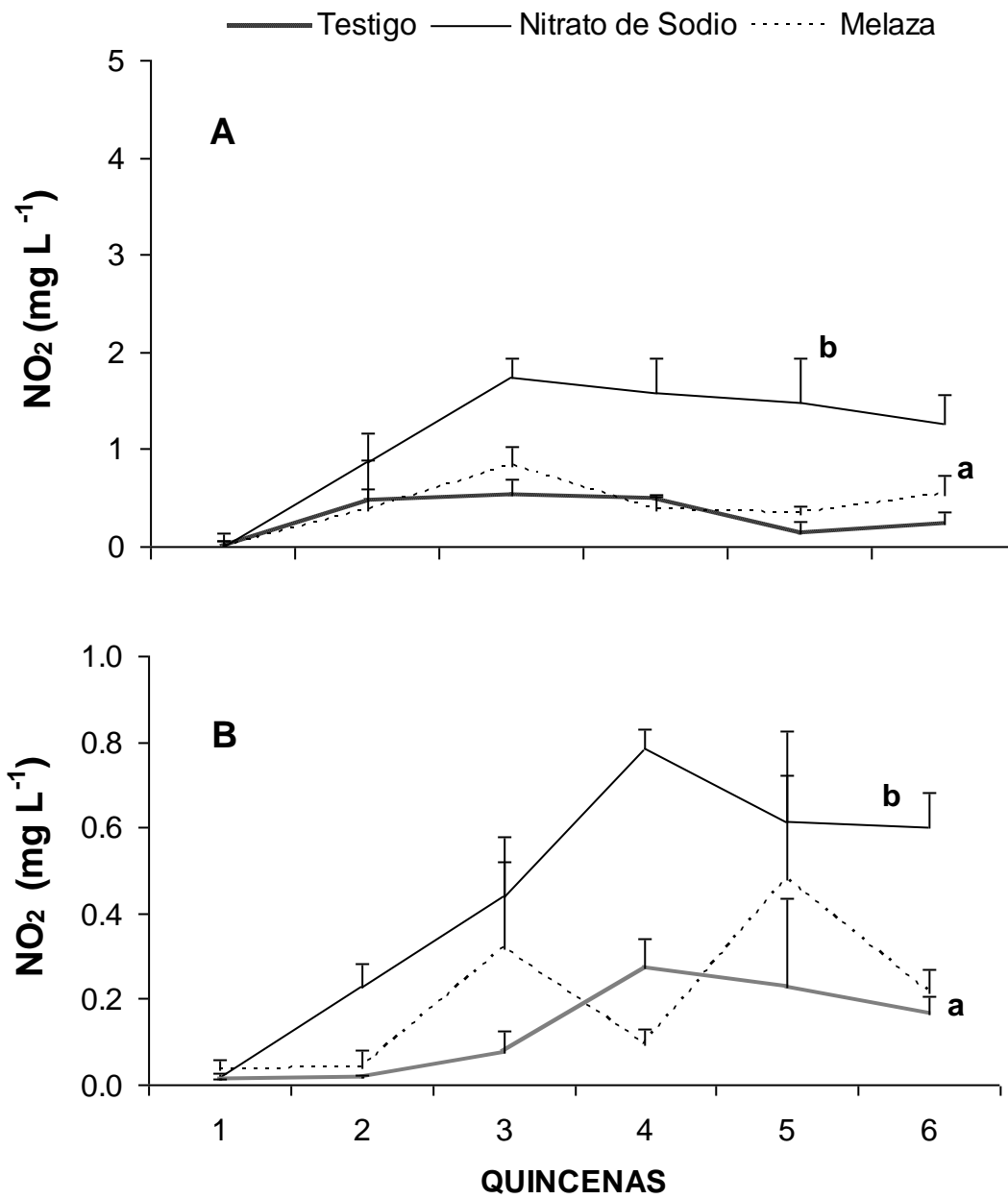


Figura 12. Concentración de nitritos en cultivos experimentales de camarón *L. vannamei* fertilizados (*nitrato de sodio*, *melaza*) y *grupo testigo no fertilizado*, tanto a nivel de laboratorio (A) como en granja (B). Letras diferentes representan diferencias significativas.

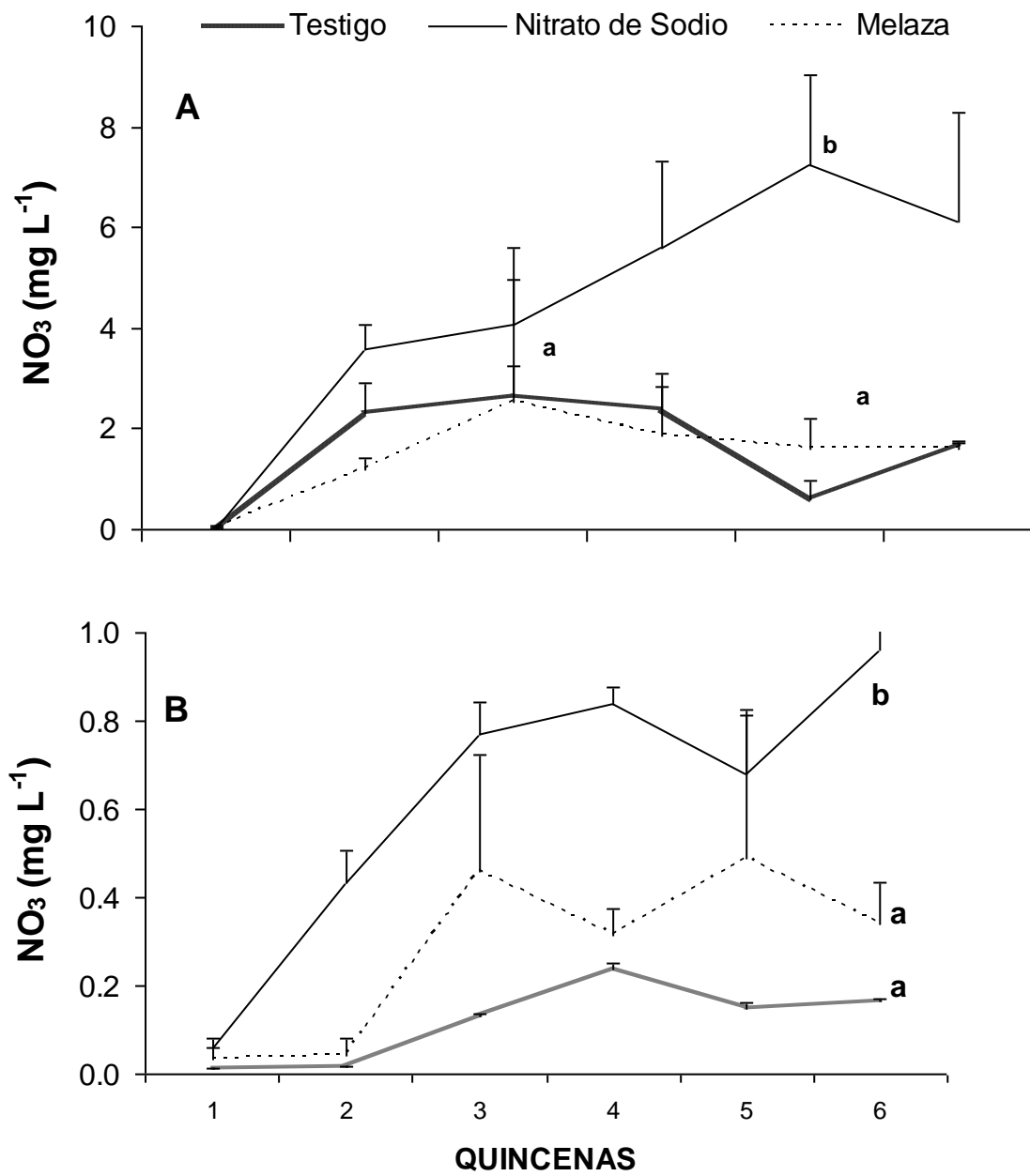


Figura 13. Concentración de nitratos en cultivos experimentales de camarón *L. vannamei* fertilizados (nitrato de sodio, melaza) y grupo testigo no fertilizado, tanto a nivel de laboratorio (A) como en granja (B). Letras diferentes representan diferencias significativas.

7.2.3. Amonio

La concentración de amonio en los cultivos experimentales de laboratorio presentó diferencias significativas entre la fertilización con melaza y, fertilización con nitrato de sodio y grupo control no fertilizado ($P < 0.05$; Fig. 14). La tendencia a mantener menores concentraciones de amonio, se registró donde se fertilizó con melaza tanto a nivel de laboratorio como en granja. Sin embargo, a nivel de granja, las diferencias significativas se presentaron entre los cultivos fertilizados con nitrato de sodio y, fertilizados con melaza y testigo ($P < 0.05$; Fig. 14). Las mayores concentraciones de amonio se registraron en el estudio de laboratorio, con valores que en su mayoría rebasaron los 2 mg/L, mientras que a nivel de granja, estos valores en ningún caso fueron superiores a los 2 mg/L (Fig. 14).

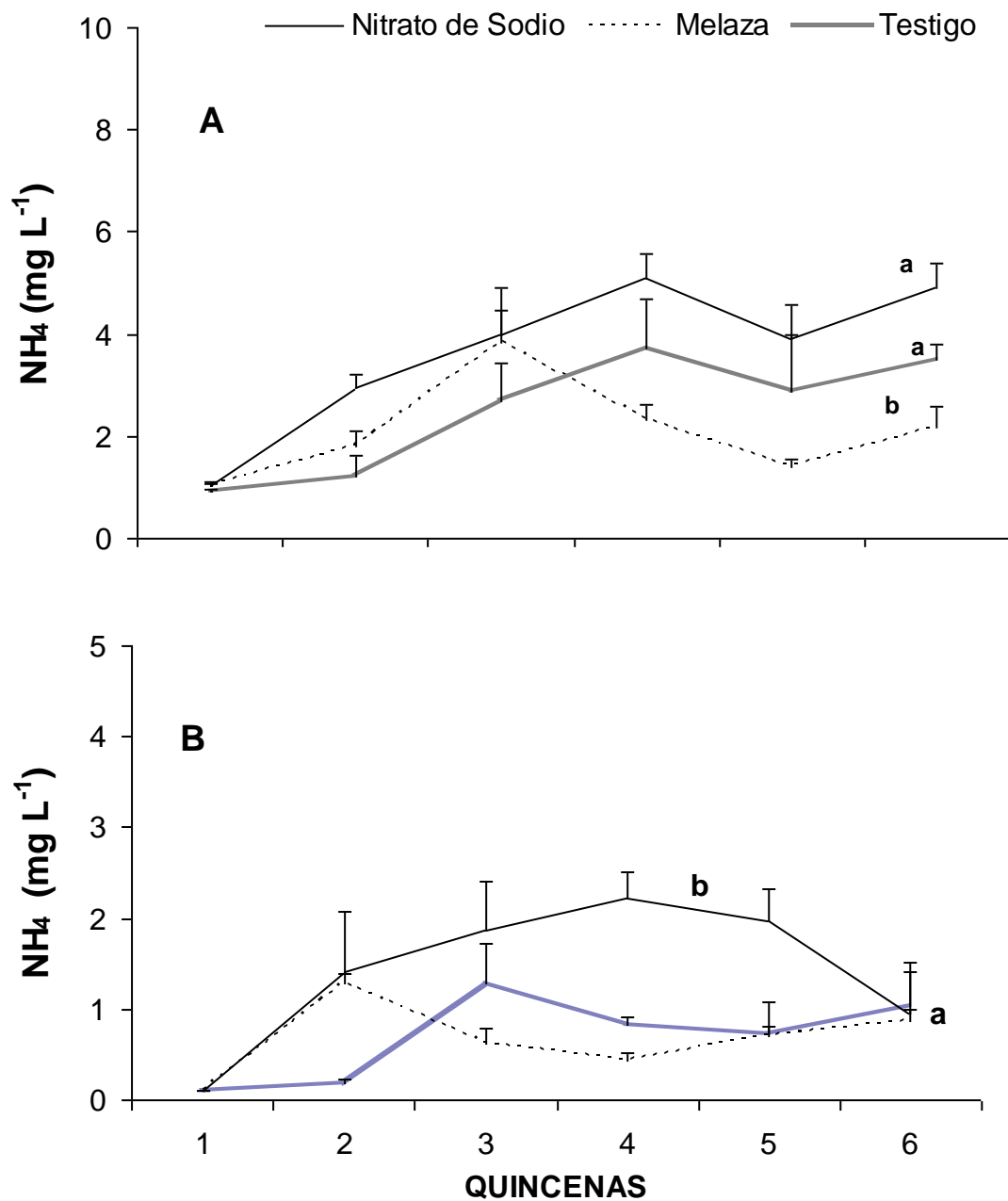


Figura 14. Concentración de amonio en cultivos experimentales de camarón *L. vannamei* fertilizados (nitrato de sodio, melaza) y grupo testigo no fertilizado, tanto a nivel de laboratorio (A) como en granja (B). Letras diferentes representan diferencias significativas.

7.2.4. Fosfatos

Tanto a nivel de laboratorio como en granja no se presentaron diferencias significativas entre la concentración de fosfatos del agua de los cultivos experimentales fertilizados y grupo control no fertilizado ($P > 0.05$; Fig. 15). Se observaron valores similares en la concentración de fosfatos en ambos estudios, con la excepción de que a nivel de laboratorio se presentaron fluctuaciones constantes, en la concentración de fosfatos, con valores que no rebasaron los 0.4 mg/L, mientras que en granja se observó una tendencia de incremento conforme avanzó el cultivo hasta alcanzar alrededor de los 0.4 mg/L (Fig. 15).

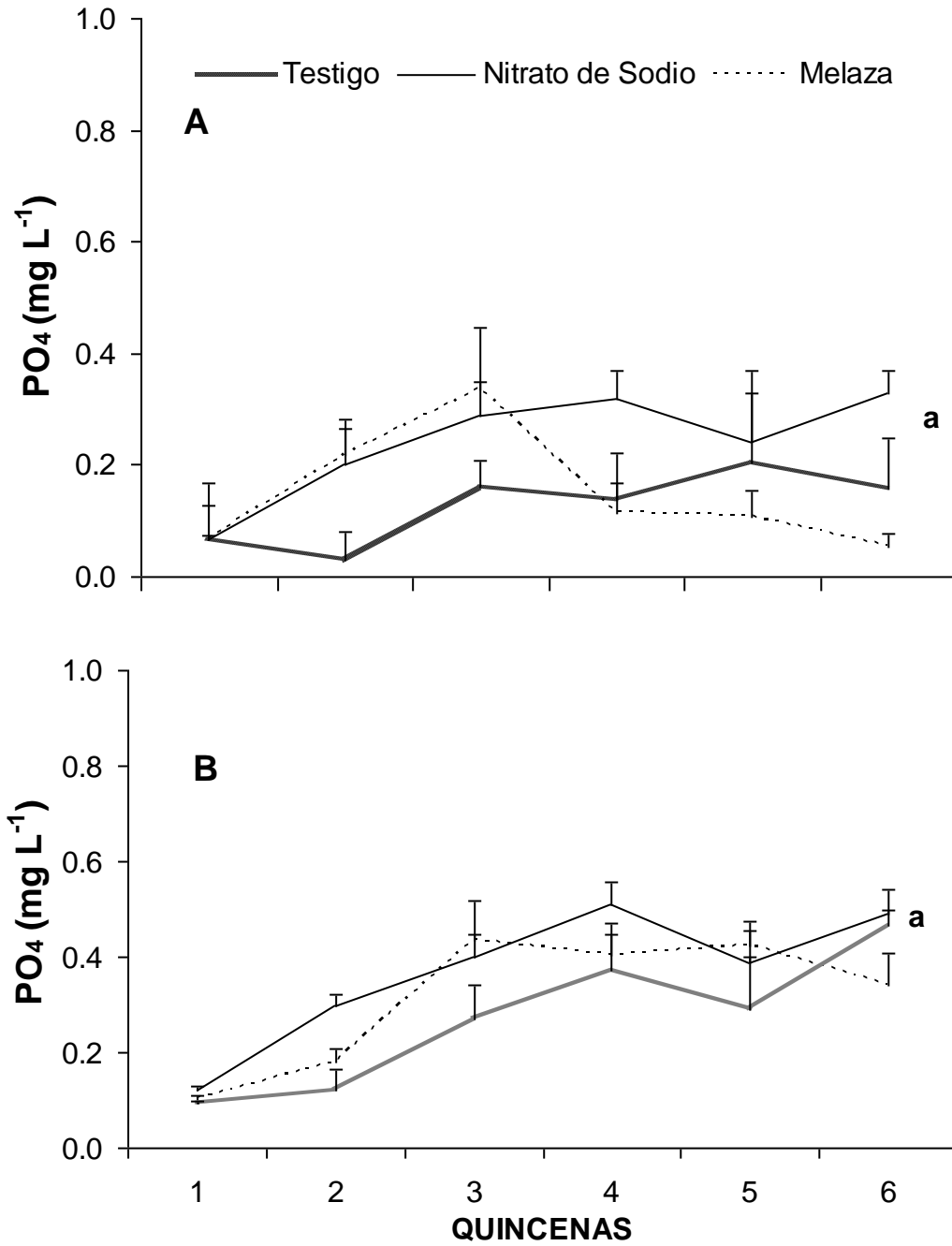


Figura 15. Concentración de fosfatos en cultivos experimentales de camarón *L. vannamei* fertilizados (nitrato de sodio, melaza) y grupo testigo no fertilizado, tanto a nivel de laboratorio (A) como en granja (B).

7.2.5. Temperatura, pH, OD y Salinidad

En ambos estudios realizados en el presente trabajo, laboratorio y granja, no se observaron diferencias significativas entre la temperatura, pH, OD y salinidad. Ambos estudios fluctuaron en una temperatura de 27.4 a 33.6 °C, un pH de 7.9 a 8.2, una concentración de OD de 2.9 a 6.1 mg/L y una salinidad de 32 a 37 UPS.

7.3. Variables productivas

A nivel de laboratorio no se presentaron diferencias significativas en la tasa de crecimiento y peso final del camarón entre los tratamientos ($P > 0.05$; Tabla 3 y Fig. 16). Pero, si se presentaron diferencias significativas entre la supervivencia, producción y FCA ($P < 0.05$), en todos estos casos las diferencias se dieron entre todos los tratamientos, excepto entre el FCA, donde las diferencias significativas se presentaron entre los tratamientos de fertilización (nitrato de sodio y melaza) y el grupo testigo no fertilizado. Mientras que en el estudio de granja si se presentaron diferencias significativas entre todas las variables productivas ($P < 0.5$) y, estas diferencias fueron constantes entre los tratamientos que incluyeron fertilización y el grupo control no fertilizado (Tabla 3 y Fig. 16)

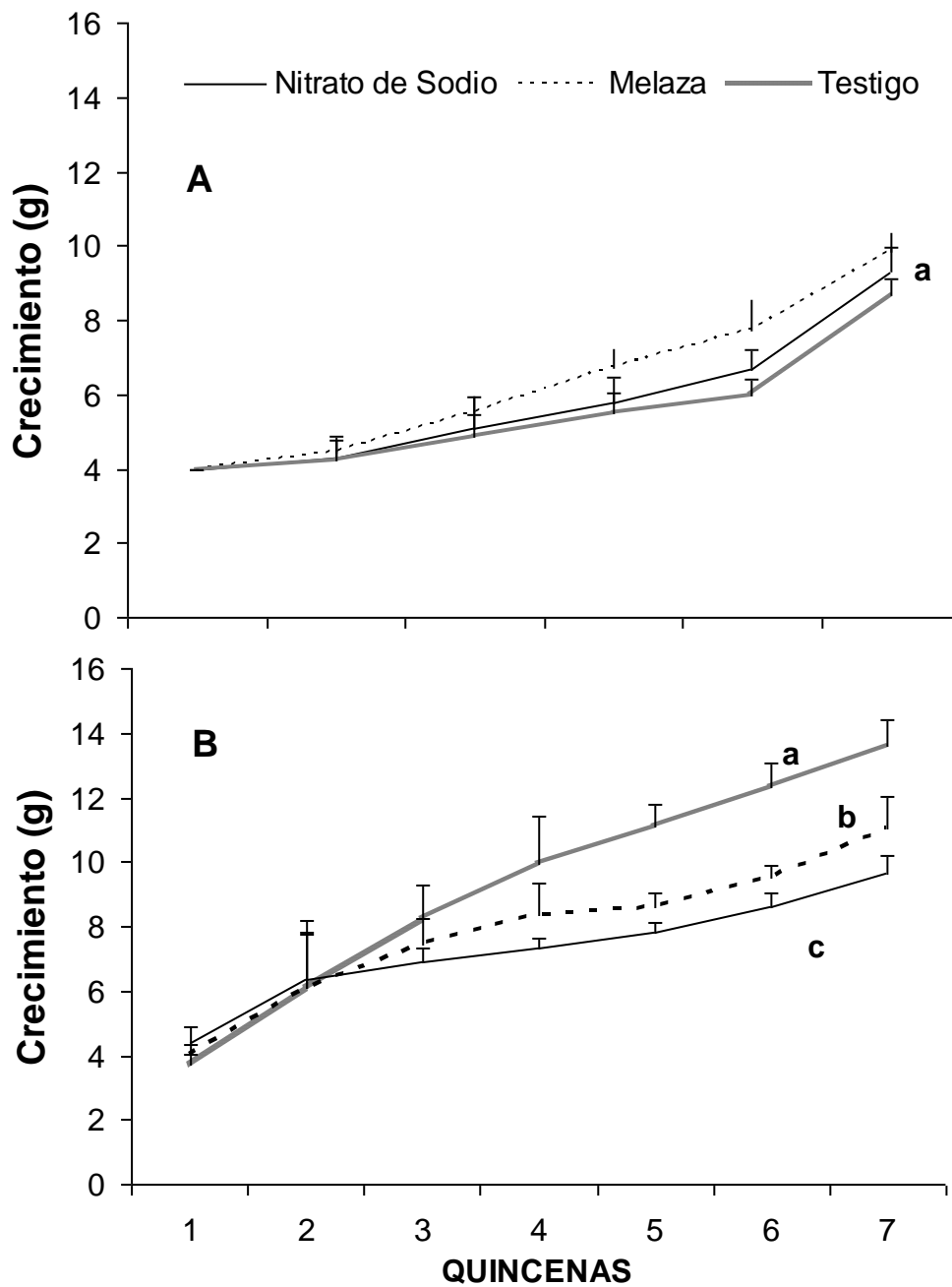


Figura 16. Crecimiento del camarón *L. vanamei* en cultivos experimentales fertilizados (nitrato de sodio, melaza) y grupo testigo no fertilizado, tanto a nivel de laboratorio (A) como en granja (B). Letras diferentes representan diferencias significativas.

Tabla 3. Crecimiento, supervivencia, producción y FCA del camarón *L. vannamei* cultivado experimentalmente con (nitrato de sodio o melaza) y sin fertilización (testigo), tanto a nivel de laboratorio como en granja.

Estudio	Tratamiento (Fertilización)	Crecimiento (g/semana)	Peso final (g)	Supervivencia (%)	Producción (kg/ha)*	FCA
Laboratorio	Nitrato de Na	0.77±0.20 ^a	9.9±0.50 ^a	70.2±3.0 ^a	*1288±100 ^a	1.2±0.12 ^a
	Melaza	0.82±0.22 ^a	10.5±0.75 ^a	80.0±3.0 ^b	*1680±200 ^b	1.1±0.10 ^a
	Testigo	0.72±0.16 ^a	9.3±0.77 ^a	40.0±5.0 ^c	*744±190 ^c	1.4±0.15 ^b
Granja	Nitrato de Na	1.63±0.30 ^a	21.0±0.85 ^a	85.0±4.0 ^a	1742±145 ^a	1.3±0.11 ^a
	Melaza	1.63±0.25 ^b	21.0±0.89 ^a	88.0±3.6 ^a	1848±176 ^a	1.1±0.12 ^a
	Testigo	1.94±0.40 ^c	25.0±1.2 ^b	38.0±7.6 ^b	950±149 ^b	1.6±0.20 ^b

*Valores obtenidos de una extrapolación, ya que la producción a nivel de laboratorio fue menor (se justifica en el apartado de materiales y métodos).

VIII. DISCUSIÓN

8.1. Microbiota

Se ha reportado que si en los sistemas de cultivo se manipula la relación carbono-nitrógeno puede promoverse el desarrollo tanto de bacterias heterótrofas como plancton, generando con ello mayor síntesis de proteína en el sistema, lo que contribuye a que los organismos bajo cultivo tengan mayor disponibilidad de fuentes proteicas (Avnimelech, 1999; Hari *et al.*, 2004; Burford *et al.*, 2004). Lo anterior se corrobora con lo obtenido en el presente estudio, ya que observamos que la mejor supervivencia, crecimiento y producción de camarón, se presentó donde se registró la mayor concentración bacteriana, que a su vez fue donde se fertilizó con nitrato de sodio y melaza. Mientras que en el grupo testigo que no se fertilizó, presentó en su mayoría una tendencia contraria a lo obtenido en los tratamientos fertilizados.

A nivel de granja se presentó una mayor concentración de *Vibrios* spp en los cultivos donde no se fertilizó, lo cual coincidió con una baja supervivencia del camarón en relación con los cultivos fertilizados. Aunque en el presente trabajo no se realizaron diagnósticos patológicos para relacionar esta baja supervivencia con la presencia de *Vibrios* spp, algunos reportes indican que este tipo de bacterias causan alta mortalidad al camarón, principalmente en los estadíos postlarvales (Lightner *et al.*, 2005).

Sin embargo, aunque a nivel de laboratorio no se registraron las mayores concentraciones de *Vibrios* spp en los cultivos no fertilizados, también se presentó una menor supervivencia en estos. Lo cual indica que no necesariamente las bacterias *Vibrio* spp fueron las causantes de la mayor mortalidad en los cultivos no fertilizados. También, es posible que en los cultivos donde se fertilizó, se haya presentado una mejor condición para cultivar el camarón, ya que al suplir al sistema con fuentes de nitrógeno (nitrato de sodio) y carbono (melaza), se favoreció el desarrollo de una microbiota más adecuada para el crecimiento y supervivencia del camarón, ya que se ha reportado que las comunidades de un ecosistema comprenden grupos de

poblaciones heterogéneas donde cohabitan diferentes especies, las cuales comparten tiempos y espacios, conformando unidades biológicas en las que los microorganismos forman asociaciones que los interrelacionan primordialmente porque algunos se nutren en base a compuestos inorgánicos y otros de compuestos orgánicos y se promueve la reintegración de nutrientes al ecosistema en que habitan (Lynn *et al.*, 1986).

En nuestro estudio solo a nivel de laboratorio se presentaron diferencias significativas en la concentración de *Bacillus* spp entre los tratamientos con fertilización y, la concentración más elevada se registró donde se fertilizó con nitrato de sodio. Mientras, que las diferencias entre los tratamientos con fertilización y no fertilizados fueron constantes tanto para laboratorio como para granja, con menores concentraciones de *Bacillus* spp en los cultivos no fertilizados. Lo cual refuerza lo mencionado en párrafos anteriores, donde se indica que cuando se fertiliza se generan mejores condiciones para el cultivo de camarón, ya que en algunos reportes se ha manifestado que los *Bacillus* spp pueden producir enzimas hidrolíticas extracelulares que degradan polisacáridos, ácidos nucleicos y lípidos, lo que permite a estos organismos usar dichos productos como fuentes de carbono; además de que estas bacterias son capaces de producir antibióticos tales como bacitracina, polimixina, tirocidina, gramicidina y circulina, lo que aminora la presencia de bacterias patógenas (Brock, 2003).

Por otro lado, se ha determinado que el plancton representa la base fundamental para un buen desarrollo del cultivo de camarón, ya que con este no solo se enriquece el cultivo en cuanto a nutrición, sino que también participan en la inmunoestimulación y crecimiento de los camarones, debido a que se ha reportado que las microalgas tienen altas concentraciones de ácido ascórbico (vitamina C), riboflavina (vitamina B2; Brown *et al.*, 1997) y ácidos grasos altamente insaturados (Báez *et al.*, 1993).

En el presente estudio se presentaron distintos escenarios tanto en cantidad como en calidad de fitoplancton y zooplancton, pero básicamente tant.en laboratorio como en granja la menor supervivencia de los camarones se

registró en los cultivos donde no se fertilizó. En los cultivos no fertilizados prevaleció una concentración de fitoplancton menor a la recomendada para el cultivo de camarón de 250 a 400 mil cel/mL.(Cliford,2003). Además, en los cultivos donde no se fertilizó, se detectó la presencia de Cianobacterias del género *Anabaena* spp (en laboratorio) y *Oscillatoria* spp (en granja), sobre las cuales existen reportes donde se indica que producen compuestos tóxicos conocidos como cianotoxinas y estos pueden causar la muerte al camarón (Paerl y Trucker, 1995; Sevrin-Reixach y Pletikotic, 2000), lo cual explicaría también, la baja supervivencia registrada en los cultivos no fertilizados.

El mayor crecimiento de los camarones cultivados experimentalmente, se registró donde se detectó una mayor concentración de diatomeas centradas, las cuales han sido identificadas como el grupo de microalgas que contiene las especies más deseables para los sistemas de cultivo camaronícola, ya que pueden ser alimento directo para el camarón, son alimento de consumidores superiores y generalmente no forman florecimientos algales nocivos ni producen toxinas (Jory, 1995; Alonso-Rodríguez *et al.*, 2004).

Con respecto al zooplancton, los resultados del presente estudio indican que los florecimientos de zooplancton registrados en los estanques no fertilizados provocaron una disminución del fitoplancton en estos, lo que se refleja mayormente en el estudio de granja, en el cual se observó siempre una mayor cantidad de zooplancton, teniendo como grupo dominante a los rotíferos del género *Brachionus* spp, que se correlaciona con menores cantidades de fitoplancton, aunque esta tendencia no fue tan clara a nivel de laboratorio.

Si se caracteriza ecológicamente lo anterior y se separa el zooplancton en meroplancton y holoplancton, donde el primer grupo está conformado por organismos cuyos estadíos larvales son zoopláncticos, pero que una vez adultos dejan de ser planctónicos para adquirir hábitos bénticos. Mientras que el holoplancton (tamaño <200 µm) son organismos que permanecen toda su vida como parte de la comunidad planctónica (Morales Suárez *et al.*, 1998). Entonces, lo que se registró en los cultivos no fertilizados se relaciona con que en estos el holoplancton creció de manera elevada desde la primer quincena

del cultivo a nivel de granja y, dado que este grupo tiene una tendencia a mantener una alimentación herbívora, pudo generarse un mayor consumo de fitoplancton, sin que se regulará la población de estos, lo que provocó que en estos cultivos prevaleciera una mayor penetración de la luz, lo que dio lugar a la proliferación de *cianofitas del género Ocillatoria spp*, las cuales no son recomendables para el cultivo de camarón (Villalón, 1999).

En los cultivos donde no se fertilizó prevalecieron en su mayor parte el grupo de los rotíferos, en los que se fertilizó prevalecieron más los copépodos, los cuales constituyeron del 50 al 80% del total del zooplancton, que es un grupo más depredador y que le permite ocupar varios nichos tróficos en el ambiente pelágico (Morales Suárez *et al.*, 1998; Nuñez-Pasten, 1998). Lo cual se genera en el último caso una mayor eficiencia ecológica del sistema a través de la cadena alimenticia. Por otra parte, en los cultivos donde se eleva indiscriminadamente la concentración de zooplancton, se puede generar una menor eficiencia ecológica, debido a que se consume más rápido el fitoplancton generando que los estanques se aclaren y por ende los organismos bajo cultivo tiendan a estresarse (Martínez-Córdoba *et al.*, 2002), lo que repercute sobre la supervivencia de estos y, que se corrobora con lo obtenido en el presente estudio, donde a nivel de granja la menor supervivencia del camarón se registró donde se observó la mayor concentración de zooplancton, no siendo tan claro esto en el estudio de laboratorio.

8.2. Calidad de agua

En el presente trabajo no se presentaron diferencias significativa en la temperatura, pH, OD y salinidad entre tratamientos, tanto a nivel de laboratorio como en granja y, los valores registrados para estas variables concuerdan con el intervalo óptimo reportado por otros autores para el cultivo de camarón (Bardach *et al.*, 1986; Boyd, 1989; Villalón, 1991; Clifford, 1994), por lo que estas variables no influyeron de manera significativa en los resultados obtenidos.

Con respecto a la concentración de nitritos, nitratos, amonio y fosfatos, se registraron diferencias significativas tanto en el estudio de laboratorio como en el de granja. De tal manera que en ambos estudios la concentración tanto de nitritos como de nitratos y amonio fue más elevada donde se fertilizó con nitrato de sodio, lo cual era de esperarse, dado que se suministró directamente una fuente de nitrógeno al cultivo. Mientras que la concentración de fosfatos no presentó diferencias significativas entre los tratamientos de ambos estudio, lo que indica también como era de esperarse, que los tratamientos de fertilización no alteraran la concentración de fosfatos en los cultivos, ya que los fertilizantes utilizados aportan en su mayoría solo nitrógeno y carbono.

Uno de los efectos que pudo tener la mayor concentración tanto de nitritos como de amonio provocada por la fertilización con nitrato de sodio, a pesar de no haber presentado diferencias significativas entre tratamientos, es un impacto negativo sobre la supervivencia en relación con la fertilización con melaza, ya que se presentó una menor supervivencia cuando se fertilizó con nitrato de sodio, pero a nivel de granja no se presentaron diferencias significativa entre ambos tratamientos. Aunque también se presentó una menor tasa de crecimiento de los camarones, cuando se fertilizó con nitrato de sodio a nivel de laboratorio, esta diferencia no fue evidente en el estudio de granja y, en ninguno de los casos se presentaron diferencias significativas.

Lo anterior puede ser explicado por los reportes que indican que los camarones peneidos se ven afectados en su tasa de consumo de alimento cuando las concentraciones de metabolitos tóxicos como el amonio y nitritos están presentes en concentraciones elevadas aunque no a niveles altamente tóxicos, lo que repercute indirectamente tanto sobre la tasa de crecimiento como en la supervivencia de los organismos (Lin *et al.*, 2003). El efecto antes mencionado pudo potenciarse mayormente debido a que en el presente estudio los cultivos fueron cerrados sin recirculación del agua durante los 90 días, donde solo se les recuperó semanalmente el agua que se evaporaba y, una de las recomendaciones que existen en la literatura para reducir la concentración de estos metabolitos es el recambio diario de agua (Boyd, 1989).

En nuestro estudio se pudo observar que aunque no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos, con la utilización de melaza, la concentración de amonio tendió a disminuir posterior a la mitad del ciclo experimental, siendo más evidente a nivel de laboratorio. Lo cual se asemeja a lo reportado por Burford et al (2003). Además de que las concentraciones de amonio registradas en el tratamiento con melaza se acercaron más a los reportados como óptimos para el cultivo de camarón (Clifford,1994; Ruiz-Fernández,1995; Burford *et al.*,2003).

La concentración de nitritos en todos los tratamientos del estudio no influyó significativamente sobre las variables productivas, ya que no se registraron valores elevados y los nitritos se encuentran en aguas naturales como un intermediario en los procesos de nitrificación bacteriana de amonio a nitratos, así como por desnitrificación de nitratos a nitrógeno elemental (N₂; Krom, 1993). Además de que los nitritos disponibles en los sistemas de cultivo son asimilados por el fitoplancton en presencia de luz (Margalef, 1982; Lin *et al.*, 2003).

En relación a la concentración de nitratos y fosfatos no existen estudios donde se indique que estos representen algún riesgo de toxicidad o que puedan afectar el crecimiento y supervivencia del camarón. Aunque, se ha reportado que si estos nutrientes están presentes en bajas concentraciones se puede limitar el crecimiento del fitoplancton, lo cual puede repercutir indirectamente en la supervivencia y crecimiento del camarón (Alonso Rodríguez *et al.*, 2003), pero esto no se aplica al presente estudio, ya que aunque los valores de estos fueron bajos en ningún caso fueron limitantes, según lo reportado por Villalón (1991) y Clifford (1994).

8.3. Variables productivas

A nivel de laboratorio entre tratamientos se presentaron diferencias significativas en la supervivencia, producción y FCA, pero no en la tasa de crecimiento de los organismos. Estos resultados fueron debido principalmente a que en el grupo testigo se registró una supervivencia baja ($\approx 40\%$), similar a

las bajas supervivencias reportadas para algunos cultivos sin recambio de agua (Quintero, 1995; Vinatea *et al.*, 2010). Mientras que en los tratamientos de fertilización está casi se duplicó (supervivencia en nitrato de sodio $\approx 70\%$ y melaza $\approx 80\%$) con valores que tendieron a ser similares a las altas supervivencias reportadas por otros autores para sistemas intensivos (supervivencia entre 87 y 97.5%; Burford *et al.*, 2004; Cohen *et al.*, 2005; Samocha *et al.*, 2007).

Las supervivencias registradas en nuestro estudio influyeron sobre la tasa de crecimiento de los organismos, dado que algunos reportes indican que a mayor densidad de organismos menor tasa de crecimiento (Lara-Anguiano y Maldonado-Hernández, 1995; Wasielesky *et al.*, 2006; Vinatea *et al.*, 2010). Otra de las causas, fue que con la fertilización de melaza se generaron condiciones más adecuadas para el crecimiento y supervivencia de los camarones, ya que los camarones crecieron y sobrevivieron más que donde se fertilizó con nitrato de sodio, lo que concuerda con algunos reportes publicados (Wasielesky *et al.*, 2006; Vinatea *et al.*, 2010).

En granja se registró un comportamiento similar al de laboratorio, en la tasa de crecimiento y supervivencia de los organismos, ya que al disminuir la supervivencia del camarón (supervivencia final $\approx 38\%$), se presentó una alta tasa de crecimiento en los organismos (≈ 1.94 g/semana), que fue superior a la registrada en los tratamientos de fertilización (≈ 1.63 g/semana para nitrato de sodio y melaza, respectivamente). Aunque una de las diferencias que se presentaron entre el estudio de laboratorio y el de granja, fue que en granja proporcionalmente se registró una mayor tasa de crecimiento, mayor supervivencia y producción en todos los tratamientos, excepto en la supervivencia del grupo testigo no fertilizado ($\approx 38\%$).

Los resultados obtenidos indican que cuando no se fertiliza el sistema de cultivo, se obtiene una menor producción y rentabilidad producto de que en ocasiones como el presente caso se presenta una menor tasa de crecimiento, menor supervivencia, FCA mayor y menor producción. En contraste, cuando el sistema de cultivo se fertiliza, se incrementa en este, la tasa de crecimiento y

supervivencia, disminuye el FCA y se obtiene una mayor producción, a tal grado que en estanques fertilizados la producción se incrementa alrededor del 200% tanto a nivel de laboratorio como en granja, lo cual se asemeja a lo reportado para sistemas superintensivos en sistemas raceways (Vinatea et al., 2010). Las diferencias encontradas se explican por el mejor funcionamiento del ecosistema cuando se fertiliza en sistemas sin recambio de agua, ya que bajo estas condiciones se genera una cadena trófica más completa con respecto al comportamiento de la microbiota y su impacto sobre los nutrientes y metabolitos tóxicos, tal como lo reportado por Lara-Anguiano y Maldonado-Hernández (1995).

IX. CONCLUSIONES

1. La fertilización con nitrato de sodio y melaza afectan de manera diferente el comportamiento de la microbiota, calidad del agua y variables productivas de un cultivo experimental de camarón *L. vannamei* sin recambio de agua, sosteniéndose dicho efecto tanto a pequeña escala (laboratorio) como a nivel comercial (granja).

2. Tanto a nivel de laboratorio como en granja, en los cultivos no fertilizados se presentó generalmente menores concentraciones de bacterias totales, *Vibrios* spp (excepto a nivel de granja), *Bacillus* spp, fitoplancton y zooplancton (excepto en granja), lo cual repercutió sobre una menor supervivencia y producción, con un FCA alto; sucediendo a la inversa en los cultivos donde se fertilizó.

3. La mayor tasa de crecimiento (excepto en granja, cuyo resultado se discute por estar relacionado con baja supervivencia), supervivencia, producción y menor FCA, que son las variables que repercuten directamente sobre la rentabilidad del cultivo de camarón, se presentaron cuando se fertilizó con melaza, tanto en laboratorio como en granja.

4. En ninguno de los tratamientos, los valores obtenidos en las variables de calidad del agua rebasaron los límites permitidos para el cultivo de camarón. Aunque se presentaron casos con diferencias significativa entre tratamientos y en algunos casos valores que pueden provocar una condición crónica de estrés para el camarón.

5. Tanto en laboratorio como en granja, las concentraciones más altas de nitritos, nitratos y amonio, se registraron donde se fertilizó con nitrato de sodio. Mientras que las menores concentraciones en estas variables se registraron donde no se fertilizó, excepto en la concentración de amonio, cuyo menores valores se registraron donde se fertilizó con melaza.

X. RECOMENDACIONES

1. Cada sistema de cultivo puede responder de manera diferente a los tratamientos de fertilización, por lo que se recomienda que las fertilizaciones se realicen tomando en cuenta la concentración de nutrientes.

2. Se recomienda que en futuros estudios que se realicen con fertilización, se incluyan análisis para evaluar la concentración de silicatos y carbono, con el fin de poder incluir o excluir el suministro de estos, para el mejor desarrollo de la biota de los cultivos camarónicas.

2. Se recomienda que en los estudios que se realicen con fertilización se incluyan análisis patológicos, con el fin de ser más precisos con respecto al efecto de esta variable sobre el crecimiento y supervivencia de los camarones, ya que la condición de salud de los organismos, previa a la fertilización, puede enmascarar los resultados.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- Arosamena, M., 1976. Ritmo Alimenticio y Digestión en lo Camarones *Penaeus stylirotris* y *P. Californiesis* en Relación con la Temperatura. Memorias del Simposium sobre Biología Población de Camarones. Guaymas Sonora, pp. 89-95.
- Alonso-Rodriguez, R., Páez-Osuna, F., Garate-Lizarraga, I. 2004. El fitoplancton en la Camaronicultura y Larvicultura: Importancia de un buen manejo. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Sinaloa México.
- Avnimelech Kochva, M., Diab, S. 1994. Development of controlled intensive aquaculture systems with a limited water exchange and adjusted C to N ratio. *Isr. J. Aquac.-Bamidgeh.* 46, 119-131.
- Avnimelech Kochva, M., Ritvo, G. 2003. Shrimp and fishpond soils: processes and management. *Aquaculture.* 220, 549-567.
- Báez-Dueñas, M.C., López-Elias, J.A., Bringas-Alvarado, Galaviz-Moreno, S. 1992. Camaronicultura: Bases técnicas y científicas para cultivo de penaeidos. Martinez-Cordova (Eds). México. A. G. T. Editor S.A.
- Bardach, E.J., Mclarner, O.W., Rither, H.J. 1986. Acuacultura: Crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. A.G.T. Editor S.A. México D.F. pp 780.
- Boyd, C.E. 1989. Water quality management and aereation in shrimp farming fish and allied. University Alabama, U.S.A. pp. 83
- Boyd, C.E. 1990. Aquatic Plants. In: Water quality in ponds for aquaculture. Agriculture Experimet Station, Auburn University, Alabama. pp 130.
- Boyd, C.E., Massaut, L. 1999. Risks associated with the use of chemicals in pond aquaculture. *Aquacultural Engineering.* 20, 113-132.
- Briggs, M., Smith, S.F. 1994. A Nutrient budget on some intensive marine shrimp ponds in Thailand. *Acuaculture and fisheries management* 25, 789-811.
- Brown, R.M., Jeffrey, J.K., Dunstan, G.A. 1997. Nutritional properties of microalgae for mariculture. *Aquaculture.* 151,315-331.
- Bruno, D.E., Tomasso, J.R. 1991. Acuaculture and water quality. The word *Acuaculture Society.* pp 606.
- Burford, M.A., Thompson, P.J. Mcintosh, R.P., Bauman, R.H., Pearson, D.C. 2003. Nutrient and microbial dynamies in high-intensity zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Acuaculture.* 219, 1-4.
- Burford, M.A., Thompson, P.J., McIntosh, Bauman, R.H., Pearson, D.C., 2004. The contribution of flocculated material to shrimp(*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zeroexchange system. *Aquaculture.* 232, 525-537.
- Campaña-Torres, A., Martínez- Córdoba, L. R., Villarreal-Colmenares, H Hernández-López J., Ezquerro- Brauer J.M., Cortés-Jacinto J. Efferect of the rotifer *Brachionus rotundiformis* (Tschungunoft, 1921) addition on water quality and production, in super-intensive cultures of the pacific write shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *CIBNOR* 1-15.
- Campbell, R 2005. *Ecología Microbiana* ed. Limusa México.
- Castro-Montealegre, J. 2000. El nutrilake como fertilizante y regulador ecológico en los sistemas acuícolas. *Panorama Acuícola.* 5, 37-40.

- Caséa, M.; Eskinazi L. E.; Neumann L. S.; Eskinazi S. E.; Schwamborne F. R.; Travassos M. A. 2008. Plankton community as an indicator of water quality in tropical shrimp culture ponds. *Marine Pollution*. 56,1343-1352.
- Clifford, III. H. C. 1994. El Manejo de Estanques Camarones. *Memorias del Seminario Internacional de Camaronicultura en México: Camarón 1994, Mazatlán Sin. México*.
- Cohen, J.M., Samocha T.M., Fox J. M., Ryan L. G., Lawrence A.L. 2005. Characterization of water quality factors during intensive raceway production of juvenile *Litopenaeus vannamei* using limited discharge and biosecure management tools. *Acuacultural Engineering*. 32, 425-442.
- CONAPESCA. 2008. Anuario estadístico de acuicultura y pesca. México.
- Dall, W. 1986. Estimation of routine metabolic rate in Penaeid Prawn *Penaeus esculentus*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 96, 57-59.
- De la Lanza-Espino, G., Cáceres- Martínez C. 1994. *Lagunas costeras y el Litoral Mexicano*. UABCS Y UNAM. Primera Edición. Impreso en el Taller de Artes Gráficas de la UABCS. pp 525.
- Esparza- Leal, H.M. 2010 región epidémica, régimen de infección y evaluación de la vía acuática como mecanismo de dispersión del virus del síndrome de la mancha blanca (WSSV) en granjas camaronícolas del noroeste de México. Tesis de Doctorado, Instituto Tecnológico de Sonora, Sonora, México.
- Esparza-Leal, H.M., C.M. Escobedo-Bonilla, R., Casillas-Hernández, P., Álvarez-Ruíz, G., Portillo-Clark, R.C., Valerio-García, J., Hernández-López, J., Méndez-Lozano, N., Vibanco-Pérez, and F.J. Magallón-Barajas. 2009. Detection of white spot syndrome virus in filtered shrimp-farm water fractions and experimental evaluation of its infectivity in *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*. 292, 16-22.
- Esparza-Leal, H.M., Magallón-Barajas F.J., Portillo-Clark G., Perez-Enriquez R., Álvarez-Ruíz, P. Escobedo-Bonilla, C.M. Méndez-Lozano J., Mañón-Ríos, R.C. Valerio-García, J. Hernández-López, N. Vibanco-Pérez, and R. Casillas-Hernández. N 2010. Infection of WSSV-negative shrimp, *Litopenaeus vannamei*, cultivated under fluctuating temperature conditions. *Journal of the World Aquaculture Society*. 41, 912-922.
- Fast, A.W., Boyd, C.E., 1992. Water circulation, aeration and other management practices. In: Fast, A.W., Lester, L.J. (Eds.), *Marine Shrimp Culture: Principles and Practices*. Elsevier Sciences Publishers, The Hague, Netherlands, pp. 457–495.
- Focken, U.; Groth, A.; Coloso, R.M., Becker, K. 1998. Contribution of natural food supplemental feed to the gut content of *Penaeus monodon* Fabricius in a semi-intensive ponds systems in the Philippines. *Aquaculture*. 164,105-116.
- Frias-Epericueta, M. G., Páez-Osuna F. 2001. Toxicidad de los Compuestos del Nitrógeno en Camarones. En *Camaronicultura y Medio Ambiente* Instituto de Ciencias del Mar y Limnología Mazatlán México pp 225-237.
- Fuss, C. M. and Ogren L. H., 1966 Factors Affecting Activity and Burrowing Habits of the pink Shrimp *Penaeus duorarum*. *Biological Bulletin*. Marine Biological Laboratory woods Hole, Mass. 130. pp 170.

- Galindo-Reyes J.G. 1981. Estudio Preliminar sobre la Productividad Primaria y la Dinámica de los Nutrientes en el Estado del Verde, Mazatlán Sin. Méx. Tesis de Maestria U.N.A.M. pp 61.
- Gómez-Aguirre S., Martínez-Córdova, L.R. (1998). El Fitoplancton. In: Martínez-Córdova, I.r. (Ed.). Ecología de los sistemas acuícolas. AGT Editor, S.A., México, D.F. p. 77-94.
- Guerrero-Galván, S.1993. Estudio de la Calidad del Agua en una Granja Camaronicola semi-intensiva: flujo de Materiales y Nutrimientos. Producción de Oxígeno por Fotosíntesis y Consumo por Respiración. Tesis de Maestria en Ciencias del Mar UNAM Mazatlán, Sin. México. pp 172.
- Gullian, M., F. Espinosa, A. Nuñez and N. López-Barahona. 2011. Effect of turbidity on the ultraviolet disinfection performance in recirculating aquaculture systems with low water exchange. *Aquaculture Research*, pp. 1-12
- Hari, B., Madhusoodana K. B., Varghese J. T., Sehamab J. W., Verdegem M.C.J. 2004. Effects of carbohydrate addition on production in extensive culture systems. *Aquaculture*. 24, 179-194.
- Hari, B., Madhusoodana Kurup, B., Varghese, Johny T., Schrama, J.W., Verdegem, M.C.J., 2004. Improved sustainability in extensive shrimp culture systems: control of carbon nitrogen ratio through addition of carbohydrate to the pond. *Aquaculture*., 52, 248-63.
- Hopkins, J. S.; Halmiton, R. D.; Sandifer,; P. A.; Browdy, C. L. y Stokes, A. D. 1993. Effect of water exchange rate on production, water quality, effluent characteristics and nitrogen budgets ofintensive shrimp ponds. *Journal of the World Aquaculture Society*. 4,304-320.
- Hopkins, J.S., Hamilton, R.D., Sandifer, P.A. Browdy, C.L. Stokes, A.D. 1993. Effect of water exchange rate on production, water quality, effluent characteristics and nitrogen budgets of intensive shrimp ponds, *journal of the World Aquaculture Society*. 24, 304-320.
- <http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/anuario2010>
- <http://www.cosaes.com/>
- Jory, E..D. 1995. Feed Managemet practices for healthy pond environment. . In: Browdy C.L.,Hopkins J.S (Eds).Procedings of special session on shrimp farming. *Aquaculture* . Baton Rouge, Louisiana USA. 6, 118-143.
- Krom, M. D. Neori A. Van Rijn J. 1993. Importance of Water Flow Rate in Controlling Water Quality Processes in Marine and Freshwater Fish Ponds,. *Journal of Acuaculture*. 26, 329-340.
- Lara-Anguiano, G.F., Maldonado-Hernández. 1995 Influencia de los factores Bioticos y abioticos en el crecimiento del Camarón Blanco *Litopenaeus vannamei* y su repercusión en los costos de producción en la granja Clementina S.C.L. Tesis de Licenciatura Universidad Autonoma de Sinaloa. p.72
- Laurence, M., Jacqueline O., Aislamiento y cultivo de cianobacterias con potencial toxicidad sobre postlarvas de *Litopenaeus vannamei* Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM) Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil El Mundo Marino.. 1, 46-49

- Lighthner, D. V. 1978. Possible toxic effects of marine blue-green alga spirulina subsalsa, on the blue shrimp *Penaeus stylirostris* Journal of Invertebrate Pathology. 32, 139-150.
- Lio-Po, G. D.; Leaño E. M.; Peñaranda D. M. M.; Villa-Franco A. U.; Sombito D. C.; Guanzon G. N. 2005. Anti-luminous *Vibrio* factors associated with the 'water' grow-out culture of the tiger shrimp *penaeus monodon*. Journal of Aquaculture. 250, 1-6.
- Lizarraga-Valdéz, J. 1995. Reproducción y crecimiento de *Penaeus vannamei* en un sistema controlado de laboratorio y en un sistema de cultivo semi-intensivo, respectivamente. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. 74 p.
- Lynn Margulis, D Ch, and Guerrero R.1986. Microbial Communities. Invisible to the scrutiny of naturalists, most microbial communities have escaped description. Bioscience SICESE Baja California Sur 161-169.
- Margalef R., 1982. Ecología. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. pp 951.
- Mandigan, M.T Martinko,J.M; Parker J. 2006 Brock. Biología de Los Microorganismos ed. Pearson Education, Madrid España.
- Margalef, R. 1983. Limnología. Omega España. pp. 203-246.
- Martínez- Córdova, L.R., 1993. Camaronicultura, Bases Técnicas Y Científicas para el Cultivo de Camarones Penacidos . A.G.T. Editor, México. pp 233.
- Martínez Córdova,. L. R. 1993. Seguimiento y optimización del alimento en el cultivo de camarón. Reporte Técnico CICTUS-CONACYT. Universidad de Sonora.
- Martínez-Cordova, L.R. 1998. Ecología de los Sistemas Acuícolas. AGT Editor, S.A., México. pp. 227.
- Martínez-Cordova,. L.R., Esquerra-Brauer, M., Bringas-Alvarado, L., Aguirre Hinojosa, E. Garza-Aguirre, M.C., 2002. Optimización De alimentos y prácticas de alimentación en el cultivo de camarón en el Noroeste de México.
- Massaut, L. Ortiz J. 2002 Aislamiento y cultivo de cianobacterias con potencial toxicidad sobre postlarvas de *Litopenaeus vannamei*. Mundo Acuícola. 5, 15-22
- Millero, F. J. Sohn M. L. 1992. Chemical Oceanography. CRC Press USA pp. 531.
- Moriarty, D.J.W. 1999. Disease Control in Shrimp Aquaculture With Probiotic Bacteria Microbial Interaction in Aquaculture. 8, 117-125
- Moussaa, M. S.; Sumanasekra D. U.; Ibrahima S. H.; Lubberdinga H. J.;Hooijimansa C. M.; Gijzena H. J.; Loosdrechta V. 2006. Long term effects of salt on activity, population structure and floc characteristics in enriched bacterial cultures of nitrifiers. Water Research. 40, 1377-1388.
- Murphy, J. and Riley J.P.; 1962. Analifical Chimestrig Acta 27,31 USA.
- Nuñez-Pastén,. A. 1988. Crecimiento del Camarón *Penaeus vannamei* y *P. stylirostris* en Relación con Factores Ambientales (Temperatura y Salinidad) en la Lagunas de Huizache y Caimanero, Sinaloa, México. Tesis de Maestría en Ciencias de Mar UNAM. pp 82.
- Olivera-Gálvez, A.; Costa-Lima W. M.; Marques-Moteiro T. 2004. Alimentacion y manejo de estanques de camarones marinos. Universidad Federal Rural de Pernambuco Venezuela

- Osuna López, J.I. 1999 Manual de prácticas de laboratorio de limnología y Oceanografía Química. Escuela de Ciencias del Mar. UAS Mazatlán, Sin. 2002. pp.90.
- Páez-Osuna, F. G.; Flores-Vedugo.A. F.;Lyle-Fritch, L.P., Alonso-Rodriguez R. A. Ruiz-Fernández, A.C. 2003. Shrimp aquaculture development and environment in the Gulf of California ecoregion. Marine Pollution Bulletin, 46, 806-815.
- Partida Arangure, B.O. 2009 “Efecto de prebióticos y microorganismos con potencial probiótico en el crecimiento, supervivencia y sistema inmune del camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, cultivado en condiciones experimentales” Tesis de maestría CIIDIR IPN Guasave Sin. México.
- Pierru, U. The Phouatsphorus Cycle: Quantitative Aspects and the Role of the Man En: Biogeochemicall Cycling of Mineral Forming Elements Trudinger y Swaine Editores Studies in Environmental Science. 30, 205-210.
- Prasad,T.D.; Kwei Lina K. C.. 2003. Water quality and nutrient budget in closed shrimp (*penaeus monodon*) culture systems. Aquacultural Engineering. 38, 174-182
- Reid, J. P. y Chester, R. 1989. Introducción a la Química. A. G. T. Editor. S. A. México.
- Philip,. 2006. Biorremediación en los sistemas de camarón.
- Roque, A. 2002 Manual de prácticas de laboratorio de Bacteriología en Escuela de Centro de investigación Y Desarrollo Unidad Mazatlán, Sin. 2002. pp.70.
- Rejish, K. V. J.. Cini Achuthan. N.J. Manju. Rosamma Philip. I.S. Bright Singh. 2009. Stringed bed suspended bioreactors (SBSBR) for in situ nitrification in penaeid and non-penaeid hatchery systems. Aquaculture. 294, 65-75.
- Riley, J. P y Chester R., 1989. Introducción a la Química Marina. Primera Edición. A.G.T. Editor, S.A. México D.F. pp 459.
- Roberson, A. I. 1988. Abundant, diet and predators of juvenile banana prawns *penaeus merguensis* in a tropical mangrove estuary, Australian Journal of Marine and freshwater Research. 39, 467-478.
- Rodríguez, A.R.; Páez-Osuna F. 2003. Nutrients, phytoplankton and harmful algal blooms in shrimp ponds: a review with special reference to the situation in the Gulf of California. Acuaculture. 219, 317-336.
- Ruello, N. V. 1973. Burrowing, feeding, and spatial distribution of school preawn *Metapenaeus macleayi* (Haswell)in the Hunter river region, Australia. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 13(3):189-206.
- Ruiz-Fernández, A. 1995. Estudio Comparativo de las Características Físicas, Químicas y de Contribución Orgánica de Aguas de Ingreso y Egreso. Calidad de agua en Cuatro Granjas Camaronicolas en el Noroeste de México. Tesis UNAM Mazatlán Sin. Méx. pp 133.
- Saldias C.; Sonnenholzner S. y Massaur L. 2001 Balance de nitrógeno y fósforo en estanques de producción de camarón en Ecuador. El mundo Acuícola. 8, 17-19.
- Samocha T. M.; Patnaik S.; Speed M.;Mehdi A. A.; Burger J. M.; Almeida R. V.: Zarrein A.; Harisanto M.; Horowitz A.; Brock D. L. 2007. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. Aquacultural Engineering. 36, 184-191

- Seginera, I.; Mozesb N.;Lahav O.2008. A design on the optimal water refreshment rate in recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*. 40, 194-206
- Shishehchian, F.; yusoff, F. M. Omar, H. y kamarudin, M. S. (1999). Nitrogenous excretion of *Penaeus monodon* postlarval with different diets. *Marine Pollution Bulletin*. 39, 224-227.
- Simonel Sandu, Brian Brazil,, Eric Hallerman. 2008. Efficacy of a pilot-scale wastewater treatment plant upon a commercial aquaculture effluent. Solids and carbonaceous compounds. *Aquacultural Engineering*.19, 78-90.
- Statistica, 1994. Statgraphics-Statistical Graphics System. MD, USA.
- Strickland, J. D. H. y Parson T. R. 1972. A manual for Sea Waters Analysis *Bulletin Fisheries Research Bulletin Ottawa Canada UNAM*. pp 167.
- Strickland, J. D. H. y T. R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull Fish. Res. Bd. Canada* pp 1-311.
- Thakur, D.P., Lin, C.K., 2003. Water quality and nutrient budget in closed shrimp (*Penaeus monodon*) culture systems. *Aquaculture*. 27, 159-176.
- Todd, C. Guerdata*, Thomas M. Losordoa, John J. Classena, Jason A. Osborneb, Dennis P. Delonga. 2010. An evaluation of commercially available biological filters for Recirculating Aquacultural Engineering. 42, 38-49.
- Tucker, C. S. Boyd C. E., 1985. Water Quality Developments in Aquaculture and Fisheries Science, 15. *Aquaculture*. 36,116-123.
- Vernberg W. B. F. G. Vernberg. 1972. *Environmental Physiology of Marine Animals*. Springer-Verlag, Germany. p 180.
- Villalón J. R. (1991). *Practical manual for Semi-Intensive Commercial Production of Marine Shrimp*. NOAA/ESDC,USA, pp 89.
- Vinatea L., Galvezb O. A., Browdy L. C., Al Stokes, J.V., Havemanc J., Beth L. L., Lawsonc A., Shulerc A., Lefflerc J. W. 2010. Photosynthesis, water respiration and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in a super-intensive raceway culture with zero water exchange: interaction of water quality variables. *Aquacultural Engineering* 42, 17-24.
- Wasielesky, W.; Atwoodb H.; Stokesb A.; Browdy C.L. 2006. Effect of natural Production in a zero exchange suspended microbial Floc based super intensive culture system for White shrimp *Litopenaeus Vannamei*. *Aquaculture* 258, 396-403.
- Whitfield, M. 1978. the hydrolysis of ammonium ions in sea-water-experimental confirmation of predicted constants at one atmosphere pressure *Journal Marine and Biological. Assessment*, U. K. 58, 781-787.
- Yao, S. Shufang, Z, Jufa, C. Y Yunli, S. 2001. Supplement and consumption of dissolved oxygen and their seasonal variations in shrimp pond. *Marine Science Bulletin*. 2, 89-96.
- Yong-Chin Lin, Jiann-Chuu Chen. 2003. Acute toxicity nitrite on *Litopenaeus Vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. *Aquaculture*. 224,: 193-201.