

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

**VALIDACIÓN DEL PRODUCTO COMERCIAL BIO2-H EN
EL TRATAMIENTO DE LOS NIVELES DE NITRÓGENO
EN EL AGUA DE CAMARONERA**

**TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

CARLOS ANDRÉS VELASCO PUGA

DIRECTORA: ING. LAURA HUACHI

QUITO, Septiembre 2004

RESUMEN

La excesiva presencia de nutrientes en el agua de cultivo de camarón puede ocasionar problemas como la disminución de oxígeno disuelto, la generación de compuestos tóxicos para el camarón y el crecimiento inadecuado de plancton u organismos patógenos para el crustáceo.

El presente trabajo tuvo por objeto validar el producto comercial BIO2-H con el fin de determinar si su aplicación ayuda a reducir los niveles de nutrientes en el agua de camaronera y mejora las condiciones en la que se desarrollan los camarones.

La aplicación del producto se la realizó semanalmente durante un período de 45 días, y los resultados obtenidos demostraron que con una dosis de 0,5 mg/L de BIO2-H se consigue: la transformación de compuestos tóxicos en sustancias beneficiosas para el camarón y el mejoramiento de las condiciones físico-químicas y biológicas del agua de cultivo, a una temperatura de 24°C y con un rango de pH de 7 a 7,9.

ABSTRACT

The excessive nutrient load in water ponds for shrimp culture may cause many problems such as low dissolved oxygen concentrations, increase in toxic substances levels and inadequate plankton or shrimps` pathogens growth.

The objective of this work was to validate the commercial product BIO2-H in order to determine if its application helps in the reduction of nutrient levels in shrimp ponds water and improves the shrimp culture water conditions.

The application of the product was carried out once a week during a 45 day period, and the results showed that the 0,5 mg/L dose of BIO2-H can achieve the transformation of toxic substances for shrimps into non-toxic ones, and the improvement of culture water's physical, chemical and biological conditions, at 24°C of temperature and with a 7 to 7,9 pH range.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES.

Hasta mediados de los años setenta el camarón no constituía un producto importante de exportación, frente al café, cacao, banano y más tarde, el petróleo. Sin embargo, para 1999 esta industria ya ocupaba el tercer lugar como producto de exportación y generador de divisas para el país. (44)

Los estanques de acuicultura de camarón están ubicados generalmente en las áreas biológicamente más productivas de la tierra en cuanto a nutrientes: estuarios costeros, bosques de manglares y humedales, sitios donde el camarón crece naturalmente. (45)

Por tanto, el agua de las piscinas donde se desarrolla el camarón puede presentar elevados niveles de fósforo y nitrógeno, lo cual puede ocasionar un incremento en la concentración de compuestos formados por dichos elementos (nitritos, amoníaco), considerados tóxicos para el camarón. Estos nutrientes también provienen del balanceado con que se alimenta al crustáceo (principalmente) y, en menor grado, de los desechos propios del camarón y de las características del agua en esta zona (estero Jujanal, Pedernales).

La excesiva presencia de nutrientes en el agua produce una reducción en el índice de oxígeno disuelto, lo que dificulta la captación de este elemento por parte de los camarones; éstos, debilitados por la falta de oxígeno pueden sofocarse, tienen más probabilidades de enfermar y pueden verse limitados en su crecimiento. (16)

La concentración de residuos orgánicos en las piscinas estimula el crecimiento inadecuado de plancton y microorganismos contaminantes que producen toxinas que afectan a la población acuícola. (18)

1.2 JUSTIFICACIÓN.

Las elevadas concentraciones de compuestos formados a base de nitrógeno, como los nitritos, el amoníaco, y la acumulación de residuos orgánicos resultan potencialmente peligrosas, y su presencia constituye una amenaza para el ciclo de vida de los camarones. Por el contrario, el nitrógeno presente en forma de nitratos en el agua no representa ningún riesgo para estos crustáceos y puede ser considerado una buena fuente de nutrientes. (43)

Además, los sedimentos removidos de las piscinas camaroneras contienen sales que pueden escurrirse con las lluvias y posiblemente contaminen el agua superficial y subterránea y el suelo. (21)

Es por esto que se vuelve muy importante encontrar un tratamiento que permita disminuir la cantidad de nitrógeno y transformar las toxinas, además de controlar la acumulación excesiva de residuos orgánicos (nutrientes) para poder reestablecer el balance natural de las aguas en la explotación de camarón.

1.3 OBJETIVOS.

General:

- Validar el producto comercial BIO2-H (bacterias desnitrificantes) con el fin de determinar si su aplicación logra disminuir los niveles de nitrógeno en el agua de camaroneras.

Específicos:

- Demostrar que la inoculación de bacterias desnitrificantes mejora la calidad del agua de la piscina (al eliminar los microorganismos contaminantes y los compuestos tóxicos) y la carne del camarón.
- Determinar qué dosis de BIO2-H logra los mejores resultados en cuanto a reducción de nutrientes y compuestos tóxicos en estas condiciones (dosis óptima).

CAPÍTULO II

LA INDUSTRIA CAMARONERA

2.1 ORIGEN E IMPORTANCIA.

Una de las actividades de desarrollo económico de mayor expansión en toda América del Sur, ha sido la industria de la cría del camarón en piscinas (maricultura). (34)

En el contexto mundial, el Ecuador es el cuarto productor (después de China, Tailandia e Indonesia) y el primer productor del Hemisferio Occidental. En su territorio está asentada la mayor cantidad de laboratorios de producción de postlarvas, y es el mayor productor de alimentos balanceados para camarones de la Región. Además, es el principal proveedor de camarón de los Estados Unidos, España y Francia. (11)

Hasta el año 1998 la producción camaronera era de 145.000 toneladas métricas, que generaron aproximadamente 850 millones de dólares como divisas para el País. (40)

La industria camaronera involucra actividades conexas que generan un gran impacto en la situación socio-económica de varias poblaciones. El Ecuador dispone de 400 laboratorios, con una producción estimada de 12.000 millones de larvas, lo cual genera 20.000 plazas de trabajo. Otra actividad es la producción de alimento balanceado con cerca de 30 plantas industriales. En total, la actividad cultivadora da ocupación a más de 100.000 personas directa y/o indirectamente, por sus efectos multiplicadores. (15).

Según las cifras de la encuesta realizada durante el Tercer Censo Nacional Agropecuario (2000), en el Ecuador existen 2.472 camaroneras con un total de 18.917 piscinas que, en su conjunto, ocupan una superficie de 234.359 hectáreas; la distribución de las camaroneras por tamaño indica una tendencia a la concentración de las explotaciones en predios de superficies mayores a 10 ha, lo cual es razonable si se toma en cuenta que la rentabilidad del negocio de la cría de camarón en cautiverio está determinada en gran medida por el tamaño de la explotación. (35)

De las 18917 piscinas registradas en el censo, 13.956 (73,8%) se encontraban sembradas y en producción al momento de realizar la encuesta, mientras que la diferencia, 4.961 piscinas (26,2%) se hallaban sin cultivo. Se puede observar que más de la cuarta parte de las piscinas disponibles en las camaroneras se halla improductiva, debido principalmente a la falta de recursos de crédito para financiar el capital de operación y a la incidencia de la enfermedad de la mancha blanca, la cual provocó la inactividad del 60% de las camaroneras a nivel nacional hasta agosto del 1999.

La especie de camarón más difundida y cultivada en el Ecuador es *Penaeus vannamei*. Con respecto a los tipos de larva utilizados en el cultivo comercial de este crustáceo se puede decir que, según datos obtenidos del Tercer Censo Nacional Agropecuario, el 80% de las camaroneras del País emplea larvas producidas en laboratorio, frente a un 20% que prefiere la larva silvestre, con lo cual se demuestra que esta actividad productiva dejó hace rato de depender de la recolección de larva salvaje o silvestre, tan sujeta a variaciones extremas en términos de cantidad, disponibilidad y calidad. (35)

A pesar de esto, el origen de la larva es considerado por los camaronicultores como una de las claves del buen rendimiento de un ciclo y consecuentemente una garantía de la rentabilidad. La postlarva silvestre es considerada la larva de mejor calidad debido a la supervivencia que se obtiene tanto a nivel de pre-criaderos como a nivel de estanques de engorde (superior al 80%). La disponibilidad de esta larva es estacional, siendo más abundante durante la época lluviosa (enero – marzo). El segundo tipo es la larva proveniente de nauplios silvestres. Estas larvas son criadas en laboratorios, pero los nauplios provienen de progenitores madurados y fecundados en el medio natural. La supervivencia obtenida al final del ciclo fluctúa entre el 50 y 55%. La producción de este tipo de larvas dependerá de la disponibilidad de hembras maduras en el medio natural. (11)

En relación a la captura, se registró un incremento desde inicios de la pesquería hasta 1970. En 1985 hay una aparente estabilización de las capturas, pero posteriormente estas disminuyeron, a excepción de los años 1977, 1983 y 1986. Entre las posibles causas a las que se atribuye el decrecimiento poblacional del recurso están las siguientes: (14)

- Cambios en las condiciones oceanográficas y atmosféricas.

- Presiones sobre el recurso camarón durante todo su ciclo de vida.

Entre las presiones que soporta el recurso camarón están:

- **Presión extractiva o pesquera.** Compuesta por 200 embarcaciones activas y la flota artesanal con más de 10.000 botes artesanales; y la pesquería de postlarvas, cuyo número de pescadores está oscilando entre 17.000 y 90.000 larveros.
- **Presión productiva,** determinada por la elevada demanda de postlarvas de camarón para la cría de camarones en cautiverio.
- **Falta de control** de las diferentes actividades relacionadas con la explotación del recurso camarón.
- Una acción simultánea de las causas anteriores.

No obstante, un factor importante que ha permitido un rendimiento sostenido del recurso a pesar de la intensa explotación de la creciente flota arrastrera ecuatoriana es que el camarón es una especie de ciclo corto y de renovación anual.

2.2 ENFERMEDADES Y PROBLEMAS.

2.2.1 Principales Problemas de la Industria.

2.2.1.1 Disponibilidad de la Semilla.

Con anterioridad al fenómeno de El Niño de 1982 - 1983, la industria de la cría del camarón empezó a experimentar una escasez, cada vez más grave e impredecible, de post larvas de camarón silvestre (semilla). La principal causa radicaba en que la demanda de semilla había excedido, durante varios años, su disponibilidad natural, lo que obligó a los productores de camarón a tratar de buscar una solución para esta escasez continua. A pesar de que gran parte de la infraestructura física en la que se basaba la industria fue destruida durante el evento de El Niño, este periodo caótico también se caracterizó por una abundante disponibilidad de semilla, lo que permitió el abastecimiento de las piscinas. No obstante, se diagnosticaba que la tendencia de escasez se mantendría y se manifestaría nuevamente a largo plazo. (38)

De acuerdo a varios estudios y publicaciones, ya se conocía que los manglares son el hábitat primordial de cría de muchas especies de camarón marino. Estos bosques, situados en las zonas de mareas, son una fuente de materia orgánica enriquecida con elementos nutritivos que sirven como un substrato alimenticio, además de proporcionar a las larvas de un refugio contra competidores y depredadores. Por estas razones se concluyó que, en el País, uno de los problemas más graves dentro de la industria era la extensa transformación de manglares en piscinas de maduración, lo cual tenía influencia directa en la reducción de la disponibilidad de larvas y juveniles de camarón. (30)

2.2.1.2 Costo y Dosificación del Alimento.

La alta inversión que representa alimentar a los camarones tiene muy preocupados a los productores. La compra del balanceado representa casi el 80% del costo de producción de camarón. Por consiguiente, esta actividad resulta de alto riesgo para inversionistas, especialmente por las actuales enfermedades y problemas que acechan a la industria camaronera. (26)

Por otra parte, el alimento utilizado para los camarones tiene alto contenido de proteína, lo que eventualmente produce mayores niveles de amonio en el agua del estanque, lo cual incrementará el peligro de las toxinas en el agua para los mariscos. (17)

Usando alimentos que no son bien digeridos por los animales dará como resultados altos niveles de contaminación en el agua, lo que eventualmente generará más contaminación ambiental.

El manejo del alimento también es importante. La sobre alimentación dejará grandes cantidades de nutrientes no consumidos en el estanque, disminuyendo la calidad del agua, lo cual estresará a los crustáceos.

Por ejemplo, al alimentar al camarón una vez al día, cerca del 50% del alimento suministrado no es consumido directamente por el camarón y se pierde sobre el fondo, convirtiéndose en desechos alimenticios que conformaran el detritus del estanque. (17)

En realidad, un buen programa de alimentación es aquel en el que el camarón se queda ligeramente subalimentado. El camarón probablemente compensará la deficiencia dietaria consumiendo detritos, siempre y cuando los niveles de detritos en el estanque sean eficientemente manejados. (8)

Los organismos naturales son una fuente completa de nutrientes fácilmente digeribles y a bajo costo, por lo que la fertilización orgánica de las piscinas para la producción de alimentos naturales es algo que los productores deberían tomar muy en cuenta como una alternativa viable.

Entre los alimentos vivos más conocidos está la *Artemia* sp., que representa una excelente fuente de ácidos grasos y su utilización está ampliamente difundida en el área. La cantidad de ácidos grasos que contengan será determinante en la supervivencia y crecimiento de las larvas. (11)

Por otro lado, los ingredientes principales utilizados en la elaboración de balanceados son la harina y el aceite de pescado. Al analizar un balanceado que contiene un 26% de harina de pescado y un 2% de aceite de pescado se encuentra lo siguiente: el sector camaronero consumió mundialmente, en el año 1999, 470.386 toneladas de harina de pescado y 36.184 toneladas de aceite de pescado. Las 470.386 toneladas de harina de pescado representan 2'351.930 toneladas de pescado completo (relación 5:1) contra 1'130.737 toneladas de camarón cosechado en 1999. Esto es equivalente al consumo de 2,08 kg de pescado fresco por cada kg de camarón. (26)

Como se puede observar, la industria camaronera está consumiendo más recursos pesqueros de los que está produciendo, lo que significa que el sector camaronero es un consumidor neto de alimentos en vez de un productor neto.

2.2.1.3 Compuestos Tóxicos en el Alimento.

Uno de los problemas que influye en la decisión de que se deje de utilizar harina y aceite de pescado en la formulación de alimentos es la presencia de dioxinas, furanos y BPC (bifenil policloruros). Las dioxinas son contaminantes orgánicos, solubles en grasa, que se acumulan en animales grasos (especialmente pescados). Las dioxinas se activan

cuando ocurre un proceso térmico y son muy perjudiciales porque producen cáncer, inclusive en pequeñas concentraciones. (26)

Debido a todos estos factores negativos que existen con la utilización de productos del pescado, se han realizado estudios que demuestran que este ingrediente puede ser reemplazado en su totalidad con alimentos vegetales como la soya (altos en proteínas) o por harinas procedentes de animales terrestres como el pollo o el ganado.

2.2.1.4 Uso de Suelos de Manglar en la Producción del Camarón.

Las zonas de manglar son eficientes sistemas de retención de material suspendido. La captura y acumulación acelerada de material orgánico en las raíces de los manglares resulta en la descomposición anaeróbica de dicho material, estableciendo importantes comunidades de bacterias sulfato-reductoras. Esto da como resultado la formación de suelos sulfato-ácidos, cuya presencia se limita a áreas donde las camaroneras han incluido la construcción de piscinas sobre manglar. (10)

Según describe Boyd (1989), una vez que las comunidades sulfato-reductoras se establecen, se producen grandes cantidades de sulfuros solubles (como sulfuro de hidrógeno), los mismos que se acumulan en los poros del sedimento pudiendo combinarse con hierro para formar precipitados de sulfuro de hierro. En estas condiciones se forman los suelos sulfato-ácidos.

Adicionalmente hay evidencias que sugieren que los taninos pueden influir en el comportamiento de algunas actividades animales o microbianas, ya que han sido fuertemente mencionados como inhibidores de algunas enzimas y reductores del apetito en organismos acuáticos. (10).

Por último, se ha observado frecuentemente que en términos económicos, las prácticas de acuicultura en estas condiciones pueden resultar más costosas, independientemente de las limitaciones ambientales que se han descrito.

2.2.1.5 Compuestos y Organismos Tóxicos en el Agua.

Amoníaco y Nitrito.

La toxicidad del amoníaco y del nitrito ha sido demostrada para peces, moluscos, y crustáceos, siendo el amoníaco el más peligroso de los dos.

Las dos formas principales de nitrógeno no gaseoso presente en el agua de estanques son nitrógeno orgánico disuelto y nitrógeno amoniacal. El NH_3 es el producto principal de los residuos o desechos excretados por las especies cultivadas. Este compuesto es tóxico para todos los organismos acuáticos en concentraciones superiores a 3 o 4 mg /L, sobre todo en aguas tropicales con un pH por encima de 8.5 ó 9. (2)

Además, la concentración letal media (LC50 48-h.) de amoníaco ha sido estimada para la postlarva de camarón peneído en 1,29 mg/L NH_3 -N. (1)

Se cree también que el amoníaco puede causar daño al sistema nervioso central. En camarones peneídos, el amoníaco puede afectar el balance ácido-base, el metabolismo del nitrógeno, a la respiración, y a los rangos de crecimiento. (1)

Por lo tanto, es necesario evitar su excesiva acumulación en el recinto de cultivo. Muchas veces la concentraciones de amoníaco no van a matar al camarón, pero si van a provocar un estrés.

El amonio ingresa en el agua proveniente de la descomposición de materia orgánica. El fitoplancton absorbe mucho de este amonio y lo usan para la síntesis de proteínas, pero aún así los TAN (nitrógeno amoniacal total) se acumulan en el sedimento de los estanques. Las concentraciones de TAN tienden a incrementarse como una función del aumento en los rangos de alimentación. Cuando estas concentraciones sobrepasan los 2 mg/L en los estanques, se puede esperar algunos efectos no deseables en el camarón. (6)

Mientras la concentración de amonio en el agua aumenta, la excreción de amonio por parte de los organismos acuáticos disminuye, y los niveles de amonio en la sangre y en otros tejidos se incrementan. El resultado es una elevación en el pH de la sangre y efectos adversos en las reacciones catalizadas por enzimas y la estabilidad de las membranas. El amonio induce al incremento del consumo de oxígeno por parte de los tejidos y reduce la capacidad de la sangre para transportar oxígeno. (13)

Dentro del agua el amoníaco depende del equilibrio de temperatura y pH; al incrementarse el pH aumenta el amoníaco. A pH 7 y 28 °C existe menos del 1% de amonio no ionizado, pero a pH 9 y la misma temperatura, la proporción de la forma no ionizada se incrementa hasta casi un 40%. Al producirse un incremento de temperatura también aumenta la proporción de amoníaco, pero su efecto es mucho menor al que produce el aumento de pH. (5)

La concentración de amoníaco en el agua también aumenta por la aplicación de fertilizantes que contienen nitrógeno (sulfato de amonio, polifosfatos, urea, etc). Por ello se hace necesario proceder a una renovación periódica de la misma.

Sin embargo, esta práctica provoca la salinización de los acuíferos y de las tierras agrícolas costeras. Cuando los estanques son abandonados debido a enfermedades u otras causas, sus suelos contienen altos niveles de salinidad, acidez y sustancias químicas tóxicas, que prácticamente la inhabilitan para otros usos, lo cual podría producir la contaminación de las aguas superficiales cercanas a los estanques. (23)

El proceso de "nitrificación", ampliamente conocido en los sistemas de cultivo en estanques, actúa sobre el amoníaco, convirtiéndolo en **nitrito**, un compuesto que también es tóxico para organismos acuáticos, y posteriormente en nitrato. Dentro del ciclo del Nitrógeno solamente el amoníaco y los nitritos (NO_2) resultan ser tóxicos para los animales. El ión amonio (NH_4), así como el producto final, el nitrato (NO_3) carecen de toxicidad. (22)

Se estima que las concentraciones de nitrito por encima de 1mg/L pueden resultar dañinas para el camarón. (6)

El efecto del nitrito sobre los animales acuáticos ha sido ampliamente estudiado. En altas concentraciones, el nitrito se combina con la hemocianina en la sangre de los camarones y reduce drásticamente la capacidad de la sangre para transportar oxígeno a los tejidos. Por otro lado, se ha encontrado que el nitrito es el responsable de la oxidación de los pigmentos respiratorios. (8)

Se estima que la concentración letal media (LC50) de nitrito para la postlarva de varios peneídos se encuentra alrededor de 170 mg/L NO_2^- -N. (1)

Sulfuro de Hidrógeno.

El sulfuro de hidrógeno se origina en zonas anaeróbicas del sedimento del fondo del estanque debido a la reducción del sulfato por la acción de bacterias. Existen dos formas de sulfuro de hidrógeno: la forma no ionizada (H_2S) y la forma ionizada (HS^- y S_2^{2-}). Únicamente la forma no ionizada es tóxica para el camarón, y su concentración depende del pH, de la temperatura y de la salinidad. (13)

El sulfuro de hidrógeno se oxida rápidamente a sulfato en agua oxigenada, de manera que es raro encontrarlo en concentraciones apreciables en las piscinas. Sin embargo, los camarones pasan la mayoría del tiempo en el fondo del estanque, por lo que aumenta la probabilidad de exposición al sulfuro de hidrógeno en estanques cuyos sedimentos de fondo son altamente anaeróbicos. (6)

La toxicidad bioquímica primaria del sulfuro de hidrógeno es la inhibición reversible del sistema de transporte de electrones. (13)

No existen muchos datos que indiquen las concentraciones tóxicas de sulfuro de hidrógeno para el camarón, sin embargo, si éstas sobrepasan los 0,025 mg/L son consideradas como inseguras para el cultivo. Para propósitos prácticos, la presencia del sulfuro de hidrógeno en el sedimento puede ser detectado mediante el olor característico de “huevo podrido”. (6)

Dióxido de Carbono.

Si la concentración de oxígeno disuelto es alta, los camarones pueden sobrevivir a concentraciones de dióxido de carbono de hasta 60 mg/L. Cuando las concentraciones de oxígeno disuelto son bajas, el nivel de dióxido de carbono aumenta debido a que obstaculiza la penetración de oxígeno. Desafortunadamente es muy común que este caso se dé: la concentración de oxígeno disuelto disminuye cuando la fotosíntesis es menos rápida que la respiración, ya que el CO₂ liberado durante la respiración no puede ser utilizado en la fotosíntesis, y se acumula.

Sin luz no hay fotosíntesis, por eso la concentración de dióxido de carbono crece en la noche y baja en el día, aunque el CO₂ presenta también altas concentraciones en días nublados y después de mortalidades masivas de fitoplancton y algas. (8)

Otros Compuestos Tóxicos.

Los antibióticos se adicionan al agua para combatir infecciones patógenas bacterianas. El uso continuo de antibióticos puede llevar la selección de los patógenos y quebrar la jerarquía trófica de ecosistemas estuarinos frágiles. (8)

Organismos Patógenos.

Las enfermedades de tipo infeccioso son un grave problema en la acuicultura de camarón; todo tipo de patógenos conocidos: virus, bacterias, protozoos, hongos, etc., afectan al crustáceo.

Muchos microorganismos patógenos existen de forma natural en el ambiente, especialmente el acuático. Entre otros, se encuentran *Campylobacter*, *Legionella* y *Vibrio*. Se ha observado que la *Legionella*, al encontrarse en el interior de los protozoos disminuye su sensibilidad al cloro (33).

Los hongos y las bacterias causan severas mortalidades en los criaderos de camarón y el uso regular de antibióticos conduce a serios problemas de resistencia, por lo que numerosos síndromes de bacterias están afectando a las camaroneras en muchos países. Al igual que en los insectos, los patógenos más importantes de los camarones son los virus que generalmente causan epidemias rápidas y fatales. (29)

La acumulación de desechos orgánicos sobre fondos con condiciones anaerobias sirve de lecho para el desarrollo de enfermedades causadas por organismos patógenos oportunistas, especialmente *Vibrios*, *Aeromonas*, *Pseudomonas* y organismos epicomensales. Estos últimos, se ubican especialmente sobre las branquias del camarón, provocando asfixia y muerte.

Lamentablemente, la vacunación no puede ser considerada como una alternativa porque los moluscos y camarones no cuentan con una respuesta inmune de memoria basada en la producción de anticuerpos para enfrentar una infección de un patógeno específico. (29)

Por otro lado, la presencia de bacterias como los coliformes puede ser indicativa de contaminación del agua. Estas bacterias constituyen aproximadamente el 10% de los microorganismos intestinales de los seres humanos y otros animales. Cuando esta bacteria indicadora no se detecta en un volumen específico (100 ml) de agua, ésta se considera potable. Estos microorganismos se incorporan constantemente a los ambientes naturales como parte de los residuos humanos y animales, y a través de los materiales de las aguas residuales. Por esta razón, la detección de los niveles de coliformes en el agua constituye un aspecto primordial en la microbiología ambiental y en la salud pública. (33)

2.2.2 Enfermedades.

Las enfermedades en acuicultura provocan anualmente pérdidas millonarias, por lo que su prevención y control es de gran importancia.

Todas las etapas del desarrollo de camarones peneídos están sujetas a muertes a gran escala debido a la ocurrencia de enfermedades. Los síntomas de una enfermedad específica en las larvas es difícil de identificar, ya que la patología sólo es advertida cuando se presentan grandes pérdidas repentinas. Al contrario, los adultos pueden presentar una variedad de síntomas, que pueden incluir efectos en el caparazón (erosión y/o debilitamiento), gangrena, ceguera, baja movilidad o hiperactividad. (3)

Debido a las altas concentraciones de individuos y a la rápida difusión de los agentes patógenos, las enfermedades encuentran un fácil camino de transmisión en los cultivos acuáticos.

Un amplio rango de patógenos y parásitos ha sido extraído de animales no saludables, e incluyen algas, hongos, protozoos, virus y bacterias. (4)

Gran parte de estas enfermedades son causadas por virus, como el de la “Mancha Blanca”, el cual viene causando las más graves pérdidas registradas históricamente en casi todas las áreas de cultivo de camarón de América. Estas son infecciones no controlables con antibióticos ni con quimioterápicos. Por otro lado, muchos problemas de enfermedades son ocasionados por el mal manejo o el uso indiscriminado de antibióticos ante ataques bacterianos, lo cual demuestra que es necesario buscar otras formas de enfrentamiento y de prevención.

Lejos de ser superadas, las enfermedades se van sumando, frente a lo cual los camaroneros han ido aumentando progresivamente las dosis de antibióticos y otros químicos, que a su vez deterioran más el agua, incidiendo en el aumento de enfermedades, como en un círculo vicioso.

Lo cierto es que existe una gran variedad de enfermedades presentes en el camarón que inciden en el altísimo nivel de mortalidad (más del 50%) que “normalmente” sufre la producción camaronera. Según las circunstancias actuales, y de acuerdo con registros de Julio de 1999: el 80% de esa mortalidad corresponde a diversas enfermedades, y el 20% a la Mancha Blanca. (41)

CAPÍTULO III

NUTRIENTES EN CAMARONERAS

La adición de nutrientes a los estanques de cultivo tiene como objetivo promover el crecimiento de plantas (fitoplancton y algas). Estos organismos constituyen el primer escalón en la cadena alimenticia del ecosistema del estanque. (8)

Hace falta una gran cantidad de elementos para estimular el crecimiento del fitoplancton. La mayoría de las especies requieren al menos carbón, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, sulfuro, fósforo, cloro, bromo, molibdeno, calcio, magnesio, sodio, potasio, zinc, cobre, hierro y manganeso. Las diatomeas también requieren de sílice. Los camarones requieren de una concentración adecuada de estos elementos y iones para satisfacer sus necesidades de ósmosis. (8)

El proceso de cultivo de camarones en los estanques o piscinas tiene varias etapas. Dentro de cada una de estas se produce una adición de materia orgánica al ambiente acuático.

Una vez que se inicia el llenado del estanque la cantidad de materia orgánica es de aproximadamente 10%. Al aplicar fertilizantes, también se agrega materia orgánica al estanque en casi 1.2 %, pero el mayor porcentaje proviene del alimento que agregamos al sistema, con casi 40%.

En los estanques de tierra, con todo lo que se está agregando se aporta casi el 50% de materia orgánica. El otro 50%, proviene de la ya existente en el fondo del estanque por acción de descomposición de las bacterias y lo acumulado en campañas anteriores. (17)

En los estanques de cultivo de camarón el nitrógeno y el fósforo son los nutrientes esenciales que se necesitan para estimular el crecimiento de fitoplancton. Cuando las

concentraciones de nitrato-nitrógeno más nitrógeno amoniacal total (TAN) sobrepasan los 0,25 mg/L y concentraciones de fosfato disuelto están por encima de 0,05 mg/L, se puede esperar que se produzca el crecimiento de fitoplancton. Las fuentes que se utilizan para añadir nutrientes a los estanques son los fertilizantes y el alimento.

A medida que aumentan los rangos de alimentación se incrementa también el aporte de nutrientes y la densidad de fitoplancton. Sin embargo, si las concentraciones de nutrientes son muy altas, el fitoplancton se volverá muy abundante, y habrá una excesiva demanda de oxígeno en los estanques. (6)

Después del nitrógeno y el fósforo, el siguiente limitante de la productividad es el carbón. La disponibilidad de carbono es particularmente baja en aguas ácidas. La cal agrícola se utiliza para neutralizar la acidez y mejorar la alcalinidad y la disponibilidad de carbón en estanques ácidos. Una manera económica de mejorar la disponibilidad de carbón en aguas con pH alto es añadir materia orgánica, que al descomponerse libera dióxido de carbono. Este compuesto también entra al agua a través del aire y de la respiración de plantas.

3.1 NUTRIENTES ESENCIALES.

3.1.1 Nitrógeno

Componente básico de las proteínas y usado por los productores primarios en el agua para producir células. En el ciclo del nitrógeno este elemento alterna entre sus formas inorgánica y orgánica, siendo las formas de interés: N_2 , NH_3 , NO_2^- , NO_3^- . Para la formación del NH_3 a partir del N_2 es necesario que el hidrógeno se combine con el nitrógeno.

Dentro de un medio acuoso, la fijación del nitrógeno disuelto puede ser llevada a cabo a través de las algas y las bacterias, aunque el nitrógeno también puede introducirse en el agua superficial o agua subterránea mediante el vertido de aguas residuales fecales o industriales.

Los animales aprovechan sólo el nitrógeno que ha sido previamente transformado a su forma orgánica, ya que les resulta imposible utilizar el nitrógeno inorgánico o el nitrógeno atmosférico. (9)

El nitrógeno amoniacal existe como ion NH_4^+ y como gas amoniacal sin disociar, NH_3 (amoniacal libre), el cual resulta tóxico para los organismos (a pesar de esto, el amoniacal se emplea para obtener fertilizantes).

3.1.2 Fósforo.

Es un nutriente importante en el medio acuático y el elemento limitante de la eutrofización en aguas dulces. Las formas de fósforo presente en el agua pueden simplificarse como: fósforo orgánico disuelto y particulado, y fósforo inorgánico, disuelto y particulado. (9)

El fósforo es un mineral limitante en la formulación de alimentos comerciales para la producción de camarones. El fósforo es especial ya que se encuentra únicamente como un sólido y no se solubiliza en el agua. Puede encontrarse en muchas plantas verdes o granos en forma indigerible conocida como fitato o ácido fítico. Por esta razón, al analizar su digestibilidad, solo un tercio a un cuarto del fósforo en alimentos es considerado disponible para el camarón. Para proveer una adecuada dieta de fósforo, debe ser incluido en una forma purificada (ej: fósforo monobásico, dibásico, tribásico). El contenido de fósforo total en alimentos para camarón usualmente es de 1,5-2,5% (como base alimenticia), pero solo la mitad de este porcentaje está disponible para el crecimiento del camarón. (8)

La liberación de fósforo desde los sedimentos depende de la condición química del ambiente y de la interacción del fósforo con otros iones. De ahí la importancia de monitorear la evolución de la disponibilidad del mismo en las piscinas de camarón y relacionarlo no solo con las fluctuaciones de fitoplancton, sino con los factores que lo hacen disponible en la columna de agua para beneficio de la productividad primaria. (9)

En ambientes de altas salinidades muchos organismos contienen fósforo en forma de ácido ortofosfórico y en compuestos tales como fosfoproteínas, ácidos nucleicos y fosfolípidos. La turbulencia de fondos donde se depositan los restos orgánicos es el principal mecanismo de suspensión de tales componentes. (9)

Los fosfatos están presentes en aguas superficiales como resultado de la meteorización y lixiviación de las rocas portadoras de fósforo, provienen de la erosión del suelo, de aguas fecales, de efluentes de aguas residuales industriales, de la escorrentía producto de la actividad agrícola y de la precipitación.

3.2 PRINCIPALES FUENTES DE NUTRIENTES.

3.2.1 Alimento.

Los alimentos contienen generalmente 20-40% de proteína, la cual tiene un promedio de concentración de nitrógeno de 16%. “Aproximadamente 20-25% del nitrógeno aplicado a los estanques en fertilizantes y alimentos es retenido en la biomasa de las especies cultivadas y retirado de los estanques a la cosecha”. (5)

Como se puede apreciar la principal fuente de ingreso de materia orgánica proviene del alimento suministrado al estanque, el mismo que al ser digerido por los camarones, y gracias a procesos metabólicos, es convertido en biomasa. (43)

3.2.2 Fertilizantes.

La fertilización tiene la finalidad de incrementar la productividad natural y favorecer el desarrollo de una buena floración de fitoplancton a través de la adición de nutrientes, que pueden ser de origen orgánico e inorgánico. Los más usados en el cultivo de camarón y peces son los inorgánicos (en diferentes combinaciones de nitrógeno, fósforo y potasio). (16)

La floración de plancton es esencial para producir oxígeno a través de la fotosíntesis, lo que le permite al camarón encontrar un ambiente adecuado para el aprovechamiento de desechos nitrogenados y/o fosforados.

3.2.2.1 Fertilizantes Orgánicos.

Los fertilizantes orgánicos se aplican principalmente para estimular la cadena alimenticia heterotrófica de los estanques de cultivo, ya que contienen una población microbiana y sustrato detrítico. Los fertilizantes orgánicos tienen una liberación gradual de nutrientes a partir de la actividad de las bacterias y pueden ser consumidos directamente por las larvas recién sembradas. A pesar de que virtualmente todos los materiales biológicos se pueden considerar como fertilizantes orgánicos potenciales, los fertilizantes más comúnmente usados en acuicultura son los desechos de los animales de granja (i.e. heces de los animales de granja, con o sin orina). Aparte de ser fácilmente disponibles y convenientemente económicas las excretas animales representan un paquete de nutrientes que contiene del 72 al 79% de nitrógeno y del 61 al 87% del fósforo del alimento original que se les proporcionó a los animales. (24)

Estos desechos ayudan a estimular el desarrollo de zooplancton (ya que este algunas veces se alimenta directamente del abono orgánico).

3.2.2.2 Fertilizantes Inorgánicos o Sintéticos.

Son productos químicos utilizados como fuentes de nitrógeno (úrea, nitrato de amonio o potasio) y como fuente de fósforo (superfosfato triple de calcio, fosfato mono y di-amónico); silicatos como fuente de sílice.

Durante la etapa de pre-criaderos el camarón se alimenta del plancton que crece en los estanques, para lo cual se incrementa la cantidad de nutrientes disponibles adicionando este tipo de fertilizantes. El tipo de algas preferidas son las diatomeas por lo que se agrega a la piscina una fuente de N y P en proporciones que fluctúan entre 3:1 y 10:1. (11)

A pesar de sus beneficios, el uso indiscriminado de fertilizantes puede deteriorar las condiciones del agua y suelo; además, los nutrientes aplicados en cantidades excesivas pueden ser tóxicos directa o indirectamente en el estanque.

Para reducir la sobredosis de nutrientes se pueden aplicar cuatro procesos principales: recambio de agua para diluirlos, desdoblamiento de nutrientes por acción bacteriana (degradación de materia orgánica), utilización de nutrientes por el plancton y pérdida de productos gaseosos (compuestos nitrogenados como amonio) mediante aireación. (25)

3.2.3 Sedimento.

De manera inicial es importante entender el fondo de las piscinas, en particular los sedimentos que lo cubren. Así, el sedimento del fondo de la piscina juega un papel importante en el balance de la calidad ambiental de los sistemas de producción. (4)

Como regulador del balance ambiental, el sedimento actúa como un amortiguador de sustancias en solución, como un generador de nutrientes minerales para la columna de agua y como un filtro biológico que absorbe residuos orgánicos de alimentos, de excreciones y de otros metabolitos de los organismos acuáticos. Esto sucede en condiciones adecuadas que implican un estado de equilibrio. (9)

La disponibilidad de nutrientes en el agua será entonces una función de los elementos que se introducen en la piscina y de aquellos que se generan y transforman en la misma, incluyendo los aportes del plancton cuando éste pasa a ser parte del detritus en los fondos. (9).

3.3 PROBLEMAS CAUSADOS POR EL EXCESO DE NUTRIENTES.

Cuando los compuestos nitrogenados totales excretados por los camarones alcanzan niveles por encima de 40 - 50 kg/ha/día, el estanque cambia desde ambiente aeróbico hacia anaeróbico. A medida que esos desechos se acumulan, florecen bacterias que consumen el oxígeno disponible; los camarones, debilitados por los desechos y la falta de oxígeno, pueden sofocarse, pueden verse limitados en su crecimiento y tienen más probabilidades de enfermar. (22)

3.3.1 Falta de Oxígeno Disuelto.

Casi todos los procesos biológicos y químicos necesitan de oxígeno y sus concentraciones deben ser adecuadas para mantener un ambiente saludable para la crianza del camarón.

En el perfil del estanque existen 3 capas: el agua, una capa superficial aeróbica de 2 cm y una capa anaeróbica. Si no hubiera oxígeno suficiente para la descomposición de esta última capa de materia orgánica (heces, desechos de alimento, plantas en descomposición y restos de animales, etc.), se formarían ciertos gases como nitrógeno no ionizado que podrían pasar hacia la capa aeróbica. Por el contrario, si existe el oxígeno suficiente, las bacterias lo liberarán hacia el agua como compuestos no tóxicos. (20)

Si no hubiera oxígeno suficiente en la capa aeróbica los gases tóxicos como amonio no ionizado o sulfuro de hidrógeno, se liberarán directamente hacia el agua causando toxicidad en el camarón. En esta segunda capa las bacterias junto con el oxígeno transformarán el amonio no ionizado a nitritos y luego a nitratos.

Los sedimentos acumulados sobre el fondo del estanque consumen la mayoría del oxígeno (cerca del 50 al 55%). Las floraciones de plancton y la materia orgánica en suspensión consumen del 40 al 45% y los camarones consumen sólo el 5% del oxígeno, incluso cuando la biomasa está en su punto más alto justo antes de cosechar. (20)

Por otro lado, el camarón durante el proceso de muda se entierra y perturba el fondo con sus movimientos para retirar su exoesqueleto, lo que provoca suspensión de materia orgánica que requerirá oxígeno y a la vez libera sustancias amoniacales. Si no hubiese oxígeno suficiente para cubrir sus demandas de respiración y otros procesos fisiológicos, el camarón morirá sobre el fondo o enterrado, o morirá envenenado por el incremento de estos compuestos tóxicos. (25)

Los niveles críticos de oxígeno disuelto en el agua del estanque que están relacionados directamente con el bienestar o salud del camarón son: desde 0 - 1.0 mg/L, letal; 1 - 1.5 mg/L, letal con exposición prolongada; 1.7 - 3.0 mg/L., pobre conversión alimenticia, crecimiento lento, disminución de la resistencia a las enfermedades si continúan expuestos. (20)

A niveles ligeramente por debajo de los óptimos (menor de 4 mg/L), el camarón continuará comiendo, pero no utilizará su alimento eficientemente. Tales niveles pueden causar estrés en el camarón haciéndolo más susceptible al ataque por enfermedades; y aún más, niveles más bajos hacen que el camarón deje de comer. (42)

Aunque los niveles de oxígeno hayan bajado por un corto período de tiempo (minutos u horas) durante el día, los efectos pueden perdurar más allá después de que se hayan restablecido los niveles óptimos.

Por lo tanto, el oxígeno es necesario para mantener un ambiente saludable dentro del estanque, independientemente del número o tamaño del camarón dentro del estanque.

CAPÍTULO IV

BIORREMEDIACIÓN EN CAMARONERAS.

4.1 USO DE PROBIÓTICOS.

La concentración de desechos orgánicos conlleva al deterioro de la calidad del medio, estresando al camarón y haciéndolo más susceptible para el desarrollo de enfermedades.

La aplicación de antibióticos es una de las medidas más comunes para contrarrestar estas enfermedades; sin embargo, estos pueden eliminar tanto bacterias patógenas como benéficas.

Por otro lado, ciertas bacterias pueden ser seleccionadas a los antibióticos, provocando que se utilicen mayores cantidades de estos productos terapéuticos para tratar cierto tipo de enfermedades, lo que podría causar que sus residuos puedan ser transmitidos también al consumidor final.

Los científicos, al buscar un tratamiento alternativo al uso de antibióticos, descubrieron otra forma de eliminar microorganismos patógenos sin la necesidad de usar productos químicos. Se trata de utilizar microorganismos “amigables” llamados **probióticos** a través de la denominada exclusión competitiva. El principio es que estos ocupen espacio y demanden nutrientes en el agua y en el fondo del estanque, así como directamente en el tracto digestivo de los camarones, a fin de reducir las posibilidades de colonización y desarrollo de microorganismos patógenos o nocivos, brindando adicionalmente otros servicios como: mineralización, reducción de compuestos tóxicos y nutrición. (19)

Aparte del desplazamiento por exceso de poblamiento y competencia por los nutrientes con los microorganismos patógenos, los probióticos pueden producir excreciones de tipo enzimático u exoenzimas, que pueden dispersarse en el ambiente de cultivo alterando ciertas condiciones del medio. Estas exoenzimas pueden colaborar en la ruptura de partículas grandes y desdoblarlos a productos finales (agua, dióxido de carbono, nitratos, fosfatos), que al final son absorbidos por el fitoplancton para su desarrollo y multiplicación y para producir oxígeno a través de la fotosíntesis. (19)

Además, se presume que el uso de probióticos produce el mejoramiento del cultivo de larvas de crustáceos mediante la modificación de la flora bacteriana del agua. (26)

En los últimos años se ha incrementado el uso de estos productos en estanques de camarón. Sin embargo, hasta la fecha existe poca evidencia de que estas sustancias puedan mejorar significativamente la calidad del agua o del suelo en los estanques o que mejoren su productividad natural. (8)

La forma de aplicación de probióticos a los estanques acuícolas puede ser a través de fermentaciones de levadura en combinación con melaza y/o mediante la adición de substratos microporosos, que contienen los probióticos elaborados comercialmente dentro de ellos. (19)

Al usar probióticos se debe tener en cuenta que la dosificación que se va a aplicar al estanque debe estar basada en la flora inicial, densidad de siembra, el tamaño del estanque y las condiciones del agua (agua sin fertilización o con abundancia de algas) y suelo del estanque. Los probióticos pueden aplicarse a estanques de cultivo de crustáceos en estados larvales, a estanques de pre-cría, y finalmente a estanques para la fase de engorde.

4.2 USO DE ESTIMULADORES DEL SISTEMA INMUNE.

Otra alternativa al uso de antibióticos y quimioterápicos es el empleo de estimuladores del sistema inmune, la misma que viene siendo materia de investigación a fin de determinar sus mecanismos de acción y cuantificar sus efectos en cultivos comerciales de camarones.

Entre los beneficios que muestran los motivadores y moduladores del sistema inmune de camarones podemos citar: la ausencia de toxicidad o residuos, no generar acostumbamiento, bajo costo comparativo, facilidad de dosificación y no ocasionar un impacto negativo ni en el animal cultivado, ni en el ambiente o el consumidor. (29)

4.2.1 Aportes de la Biotecnología a la inmuno-estimulación y la Inmuno-modulación

Como es sabido, los camarones no poseen un sistema inmunológico específico ni con capacidad de memoria, lo que impide la utilización de vacunas. La respuesta inmunológica se da por factores celulares y hormonales, los cuales actúan en conjunto para eliminar los agentes indeseables. (29)

Varias investigaciones han demostrado que algunos compuestos, como los sacáridos, los péptido-glicanos y los glucanos, pueden estimular y actuar sobre las respuestas defensivas a nivel del sistema inmune. Precisamente, los patógenos activan los mecanismos de defensa a través de señales emitidas por compuestos de sacáridos y glucanos que se encuentran en la superficie celular.

Los inmuno-estimuladores e inmuno-moduladores presentan la facilidad de dosificación oral, por lo que vienen siendo incorporados a las dietas, siendo esta práctica muy común en otras producciones animales. La ventaja de los inmuno-moduladores radica en que no ocasionan una demanda de energía, por lo que no retardan el crecimiento y pueden usarse en forma continua, además de no generar resistencia ni acostumbamiento.

Con respecto a los probióticos y sus enzimas, se manejan cada vez con mayor frecuencia a nivel de laboratorios y estanques de cultivo comercial, destacándose entre sus funciones la reducción de catabolitos y organismos no deseables como las cianobacterias, y en la aceleración del tratamiento de sedimentos. (29)

4.3 EL BIO2-H.

4.3.1 Características Generales.

El BIO2-H es un producto comercial fabricado en Colombia por la compañía “Orius Biotecnología”. El producto es, primordialmente, es un bio-estabilizador de la carga orgánica y un bio-acondicionador de la oxigenación en el agua.

BIO2-H SC es un complejo microbiano y enzimático que restablece biológicamente el balance natural de las agua y del fondo de los estanques o piscinas utilizadas en las explotaciones de camarones y peces. Uno de los problemas más comunes en estas explotaciones es la concentración en el fondo de los estanques y en las aguas, de residuos orgánicos que dan lugar al crecimiento de microorganismos patógenos contaminantes, los cuales consumen oxígeno y producen toxinas que afectan la población acuícola. A través de la inoculación de las enzimas del BIO2-H SC y la inoculación de microorganismos benéficos se puede lograr la transformación de los residuos orgánicos y de las toxinas, ya que cumplen funciones de nitrificación, proteolisis, lipolisis y fosforeducción (reducción y mineralización) para estabilizar las características físicas, químicas y biológicas del fondo y del agua del estanque.

Con la bio-transformación de los orgánicos y de las toxinas se obtiene el balance microbiano apropiado en el estanque para que el hábitat de los camarones y peces sea equilibrado, con mejor desarrollo, sin estrés, con menor presencia de patógenos y estimulando el desarrollo del fitoplancton y del zooplancton.

Además, con la inoculación sistemática del producto se consigue una estabilización permanente del equilibrio natural del agua, lo que genera condiciones óptimas de producción.

Entre los beneficios que presenta el BIO2-H podemos citar: mantiene bajos los niveles de amoníaco permitiendo así el normal contenido de oxígeno en el agua, ayuda a la rápida degradación de la materia orgánica, disminuye la contaminación del agua y del fondo, mejora el crecimiento del fito y zooplancton, disminuye la actividad de los patógenos, aumenta el número de cosechas (mayor producción). (32)

4.3.2 Composición del BIO2-H. (32)

Bacterias nitrificantes	Diez millones UFC/ml	10%
Bacterias proteolíticas	Diez millones UFC/ml	10%
Levaduras	Cien mil UFC/ml	10%
Enzimas y Metabolitos biológicamente activos		20%
Coadyuvantes: c.s.p.		1L

* UFC: Unidades formadoras de colonias.

4.3.3 Componentes.

- **Bacterias Proteolíticas.** Las bacterias proteolíticas producen la hidrólisis de las proteínas, transformando la caseína en compuestos solubles de nitrógeno, alterando el sabor y la textura de los productos.
- **Enzimas Proteolíticas.** Las enzimas proteolíticas catalizan la hidrólisis de enlaces peptídicos de péptidos y proteínas. Se pueden clasificar en dos grandes grupos: peptidasas y proteinasas. Las peptidasas actúan sobre los enlaces peptídicos de los extremos de la cadena y pueden ser aminopeptidasas o carboxipeptidasas. Las proteinasas actúan en interior de la cadena y se clasifican de acuerdo con la identidad del residuo catalítico primario.
- **Bacterias Lipolíticas.** Producen la hidrólisis de las grasas.
- **Enzimas Lipolíticas.** Las enzimas lipolíticas hidrolizan los lípidos. Las más importantes son las lipasas. Provocan la ruptura de triglicéridos, y liberan ácidos grasos de cadena corta.

4.3.4 Aplicación del BIO2-H.

“Luego del establecimiento de los estanques, es recomendable aplicar 500 cc de BIO2-H por hectárea en aspersión aérea, cada 30 a 45 días”. (32)

La regulación de la carga orgánica a través de microorganismos nitrificantes asociados a enzimas y metabolitos biológicamente activos, es indispensable para evitar el crecimiento de poblaciones microbianas patógenas y le permite ganar espacio a las poblaciones de zooplancton y fitoplancton.

Para incrementar la población de zooplancton y fitoplancton se recomienda aplicar cada 30 a 45 días, 500 cc de BIO2-H por hectárea en aspersión aérea. (32)

Para optimizar las condiciones de vida de las especies cultivadas, especialmente en el contenido de oxígeno al reducir los niveles de amoníaco, se aplica inicialmente de 0,1 a 0,2 cc de BIO2-H por cada metro cuadrado de superficie acuática.

A continuación se presenta una tabla con las dosificaciones y las recomendaciones de uso del BIO2-H para peces y camarones.

Tabla 1. Dosificación y recomendaciones de uso del BIO2-H:

Peces y Camarones	Dosis	Aplicación
Después de la cosecha	1L / Ha.	En aspersión después de remover el suelo aplicar la cal.
En altas concentraciones cianídricas y sulfídricas en el fondo del estanque	1 L / Ha.	En aspersión después de remover el suelo aplicar la cal.
Para degradar altas concentraciones orgánicas en el fondo del estanque	1 L / Ha.	En aspersión después de remover el suelo y aplicar la cal.
Cuando el nivel de O ₂ es bajo por alta carga orgánica	0,1 a 0,2 cc / m ²	En aspersión.
Para mineralizar y reducir la carga orgánica en el agua y para mantener los niveles adecuados de O ₂	0,1 a 0,2 cc / m ²	En aspersión cada mes.
Para incrementar la población de	0,1 a 0,2	En aspersión cada mes.

zooplancton y fitoplancton con el balance del agua y el fondo del estanque	cc / m ²	
--	---------------------	--

Fuente: ORIUS BIOTECNOLOGÍA. BIO2-H: Estabilizador Biológico en Acuicultura. 2001. pp. 1-4.

CAPÍTULO V

ORGANISMOS NITRIFICANTES

5.1 BACTERIAS QUIMIOAUTÓTROFAS.

Por definición, un quimioautótrofo es un organismo que puede crecer en un medio estrictamente mineral en la oscuridad, obteniendo su carbono del CO₂ y su ATP y poder reductor de la respiración de un substrato inorgánico. Cuando las células crecen de esta manera contienen por lo general altos niveles de dos enzimas específicas: la carboxidismutasa y la fosforribuloquinasa. Muchas bacterias nitrificantes poseen carboxisomas, que son los orgánulos procarióticos especializados que contienen carboxidismutasa. (39)

Poseen dos propiedades notables:

- Alta especificidad en lo que respecta a la fuente inorgánica de energía.
- Frecuente incapacidad para utilizar compuestos orgánicos como fuente de carbono y energía, llegando incluso a demostrar que, a veces, la presencia de compuestos orgánicos pueden afectar negativamente su crecimiento.

Los compuestos inorgánicos en los que pueden crecer los quimioautótrofos incluyen el H₂S y otras formas reducidas de azufre, amoníaco y nitritos, hidrógeno molecular y hierro ferroso (Fe²⁺).

La especificidad que presentan los quimioautótrofos por el substrato permite clasificarlos en 4 grupos principales: (39)

- ***Bacterias nitrificantes***, las cuales emplean como fuente de energía compuestos inorgánicos reducidos de nitrógeno. Dentro de este subgrupo la especificidad por el sustrato es muy alta; sus miembros, o bien oxidan amoníaco a nitrito, o bien nitrito a nitrato, pero ninguno de ellos puede oxidar ambos a la vez.
- ***Bacterias oxidadoras de azufre***, cuya fuente de energía proviene de la oxidación a sulfatos de H_2S , azufre elemental, o sus óxidos parcialmente reducidos.
- ***Bacterias del hierro***, que pueden oxidar hierro y manganeso reducidos, mas no compuestos reducidos de azufre.
- ***Bacterias del hidrógeno***, que usan hidrógeno molecular como fuente de energía.

5.1.1 Bacterias Nitrificantes.

Fue a mediados del siglo XIX cuando se encontraron las primeras pruebas que indicaban que la oxidación del amoníaco a nitrato en ambientes naturales se debía a un proceso microbiano. En 1890, S. Winogradsky logró aislar cultivos puros de bacterias nitrificantes gracias a la utilización de medios estrictamente inorgánicos. Mediante este experimento se pudo comprobar que los agentes causales eran pequeñas bacterias Gram-negativas, con forma bacilar: *Nitrosomonas*, oxidador del amoníaco, y *Nitrobacter*, oxidador del nitrito. Su desarrollo óptimo es conseguido en condiciones de neutralidad o alcalinidad; además, es importante añadir un amortiguador (carbonatos insolubles, por ejemplo) al medio de cultivo de *Nitrosomonas*, ya que la oxidación de amoníaco a nitritos da lugar a una importante formación de ácidos. El crecimiento de ambos organismos es lento, con un tiempo mínimo de generación de 24 horas. (39)

Las bacterias nitrificantes son quimioautótrofas “Gram-negativas”, que tienen forma de bastoncillo y miden entre 0.4 y 0.6 micras; su fuente de energía son compuestos inorgánicos reducidos de nitrógeno. Estas bacterias tienen la capacidad de oxidar amoníaco a nitrito, o bien nitrito a nitrato, pero ninguna de ellas puede oxidar ambas a la vez. A menudo presentan grandes complejos de membrana situados en su citoplasma. Se identifican en función de de propiedades tales como su preferencia por nitrito a amoníaco, su forma general y la naturaleza de todas las citomembranas existentes. (43)

Un hecho particular que se da en el caso de los nitrificantes es que no utilizan moléculas orgánicas como su fuente de carbono, a pesar de que se desarrollan en entornos en los que hay presentes compuestos orgánicos (como en las plantas de tratamiento de aguas residuales). No se sabe la razón exacta de esta exclusión de fuentes de carbono; sin embargo, se cree que su dependencia autotrófica está relacionada con su revolucionario vínculo a microorganismos fotosintéticos. (39)

Las bacterias nitrificantes son muy importantes desde el punto de vista ecológico y pueden aislarse del suelo, de sistemas de tratamiento de aguas residuales, de hábitats de agua dulce o marinos. Los géneros *Nitrobacter* y *Nitrococcus* oxidan nitrito a nitrato; los géneros *Nitrosomonas*, *Nitrospira* y *Nitrosococcus* oxidan amoníaco a nitrito. Cuando dos géneros como *Nitrobacter* y *Nitrosomonas* crecen juntos en un nicho ecológico, el amoníaco se convierte en nitrato, proceso que recibe el nombre de nitrificación. La nitrificación es muy rápida en suelos tratados con fertilizantes que contengan sales de amonio. Las plantas utilizan fácilmente el nitrógeno del nitrato, aunque este elemento también se pierde con rapidez al lixivarse el nitrato soluble en agua, y mediante la desnitrificación por la que el nitrato se reduce a gas nitrógeno. (33)

5.2 CICLO DEL NITRÓGENO.

5.2.1 Fijación del Nitrógeno.

Es un proceso de asimilación del nitrógeno que implica la reducción preliminar del N_2 a amoníaco. La fijación del nitrógeno puede llevarse a cabo por procariotes aerobios o anaerobios. En condiciones aerobias una gran variedad de géneros microbianos de vida libre (*Azotobacter*, *Azospirillum*) contribuyen a este proceso. En condiciones anaeróbicas, los miembros del género *Clostridium* son los fijadores de nitrógeno de vida libre más importantes. Además, la fijación de nitrógeno puede producirse a través de actividades de bacterias que desarrollan asociaciones simbióticas con plantas. (33)

5.2.2 Mineralización o Deaminación.

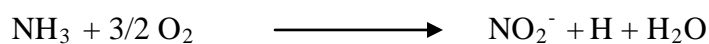
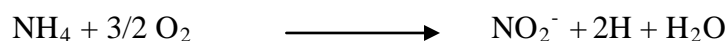
La **deaminación** es básicamente la generación de amonio a partir de la mineralización de amonio-ácido y bases nitrogenadas orgánicas. El amonio generado por este proceso puede ser inmovilizado por el fitoplancton y otros microorganismos del agua, puede perderse con el agua de drenaje de la piscina o permanecer en solución. El amonio en solución puede permanecer como amonio no ionizado o ser oxidado en presencia de oxígeno. (16)

5.2.3 Nitrificación.

Durante el proceso de mineralización se produce la liberación de amoníaco a partir del nitrógeno contenido en la materia orgánica. La nitrificación, por el contrario, es la oxidación microbiológica de NH_4^+ y amoníaco a nitrito (NO_2^-), que posteriormente se oxida a nitrato (NO_3^-). Este puede llegar a ser un proceso muy importante para algunas aguas residuales, ya que el NH_4^+ presenta una alta toxicidad para macroorganismos acuáticos.

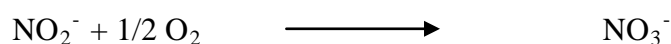
Este proceso se produce en zonas del litoral a escasa o media profundidad. Cuando es a media profundidad las bacterias suelen estar asociadas de modo simbiótico con fitoplancton. (43)

El primer paso en la nitrificación es la oxidación de amonio hacia nitrito, y se representa como sigue: (22)



El género de bacterias que comúnmente lleva a cabo este paso son las *Nitrosomonas*; sin embargo, *Nitrosococos*, *Nitrosovibrio* y *Nitrosobolus* también son capaces de realizar la oxidación. (22)

El segundo paso de la reacción de nitrificación es la oxidación de NO_2^- a NO_3^- : (22)



Esta parte del proceso es llevada a cabo por medio de bacterias de los géneros *Nitrobacter*, al cual se lo considera como el oxidante de nitritos predominante en los procesos de tratamiento de aguas residuales, y *Nitrocystis*.

En todo este proceso es fundamental la abundancia de oxígeno. El agua dulce, bien aireada, puede contener 12 mg/litro de oxígeno (a 24° C); el agua marina, a igual temperatura, contiene 7 mg/litro. (42)

5.2.3.1 Nitrificación en camaroneras.

Las bacterias nitrificantes tienen la gran capacidad de restaurar los fondos muertos o que contienen exceso de bacterias anaeróbicas, basófilas y hongos. Ellas bajan el pH del fondo logrando un proceso restaurador del zooplancton, creando un ambiente ideal para la larva de camarón. (17)

Las bacterias nitrificantes llegan a ser ineficientes a concentraciones de oxígeno disuelto por debajo de 1 ppm, por lo que es necesario que haya una concentración mínima de oxígeno disuelto de 4 mg/L. (43)

La eficiencia de las bacterias reductoras de materia orgánica se incrementa en rangos cortos de pH, siendo su óptimo entre 7 y 8. Debajo de pH de 6.8, las bacterias nitrificantes son inhibidas y no removerán los desechos nitrogenados. (25)

Para que se desarrolle una población de bacterias nitrificantes de manera apropiada y que sea capaz de remover el amonio y nitrito, al menos se requiere de dos semanas de tiempo después del llenado del estanque.

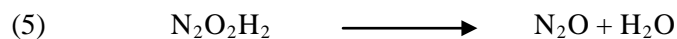
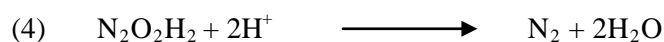
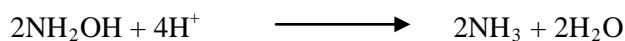
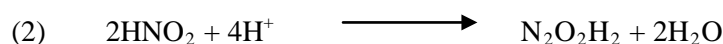
5.2.4 Desnitrificación.

Proceso mediante el cual las plantas y algas, utilizando la energía de la luz, toman los nitratos que, asociados con el anhídrido carbónico, se transforman en sales para su propio proceso nutricional. En lugar de producir como deshecho gran cantidad de CO₂, las plantas producen O₂ (oxígeno) y muy pequeñas cantidades de dióxido carbónico. (39)

En la desnitrificación los organismos (incluidas muchas bacteria aeróbicas) pueden usar nitrato u otros compuestos nitrogenados oxidados como aceptores de electrones e hidrógeno en la respiración, cuando hay deficiencia de oxígeno. (22)

Así, siempre que la materia orgánica se descompone en el suelo o en el agua y se agota el oxígeno como resultado de la respiración aeróbica microbiana, algunos de estos aerobios continuarán respirando la materia orgánica si hay nitrato presente, es decir, mediante respiración anaeróbica. Como consecuencia, el nitrato se reduce. De esta manera el nitrato puede pasar a nitrito, éste hacia óxido nitroso para finalmente llegar a gas nitrógeno. Mediante este último proceso el nitrógeno combinado es eliminado del suelo y del agua, con liberación de N_2 a la atmósfera.

A continuación se detallan las ecuaciones que representan estas transformaciones a través de la desnitrificación: (22)



La desnitrificación es vital para favorecer la disponibilidad continua de nitrógeno combinado en los continentes. Además, si no existiera este proceso, el aporte de nitrógeno a la Tierra (incluido el N_2 de la atmósfera) se acumularía en los océanos debido a que el ion nitrato está siendo lixiviado constantemente del suelo y, con el tiempo, llega a estos cuerpos de agua. Esta situación tendría consecuencias muy negativas en el ambiente si

consideramos que acabaría con la vida sobre los continentes, excepto en una estrecha franja cerca del mar. Por último, la desnitrificación mantiene la potabilidad de las aguas dulces ya que las elevadas concentraciones de iones nitrato pueden resultar tóxicas. (39)

CAPÍTULO VI

PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA, SUELO DE CAMARONERAS Y PLANCTON.

En el agua de camaronera existen varios elementos disueltos que determinan su calidad e influyen sobre las condiciones de desarrollo del camarón. En la tabla 2 se especifica el rango de concentración óptimo de varios de estos elementos presentes en el agua de cultivo de camarón.

Tabla 2. Rangos óptimos de concentración para sustancias inorgánicas disueltas en agua de estanques de cultivo.

Elemento	Forma en el agua	Concentración Objetivo
Oxígeno	Oxígeno molecular (O_2)	5 – 15 mg/L
Hidrógeno	H^+ [-log (H^+) = pH]	pH 7 - 9
Nitrógeno	Amonio Ionizado (NH_4^+)	0,2 – 2 mg/L
	Amonio no ionizado (NH_3)	< 0,1 mg/L
	Nitrato (NO_3^-)	0,2 – 10 mg/L
	Nitrito (NO_2^-)	< 0,23 mg/L
Sulfuro	Sulfato (SO_4^{2-})	500 – 3.000 mg/L
	Sulfuro de Hidrógeno (H_2S)	No detectable
Carbono	Dióxido de carbono (CO_2)	1 – 10 mg/L
Calcio	Ion de calcio (Ca^{2+})	100 – 500 mg/L
Magnesio	Ion de magnesio (Mg^{2+})	100 – 1.500 mg/L
Sodio	Ion sodio (Na^+)	2.000 – 11.000 mg/L
Potasio	Ion potasio (K^+)	100 – 400 mg/L
Carbonato	Carbonato ionizado (CO_3^{2-})	0 – 20 mg/L
Cloro	Ion cloro (Cl^-)	2.000 – 20.000 mg/L

Fósforo	Ion Fosfato (HPO_4^{2-} , H_2PO_4^-)	0,005 - 0,2 mg/L
Silicio	Silicato (H_2SiO_3 , HSiO_3)	2 – 20 mg/L

Fuente: BOYD, C. y TREECE, G. Métodos para mejorar la camaronicultura en Centroamérica. Managua (Nicaragua). Editorial Imprenta UCA. 2001. pp. 1 - 283.

6.1 PROPIEDADES DEL AGUA DE CAMARONERA.

Color. Esta propiedad en el agua es producida por los minerales disueltos, colorantes o ácidos húmicos de las plantas, los cuales son originados a partir de la descomposición de la lignina. La presencia de hierro, magnesio o plancton también causa color.

El color del agua puede ser útil para determinar el tipo dominante de algas en el agua sin tener que hacer análisis de fitoplancton. Sin embargo, los estándares de color tendrían que ser desarrollados y correlacionados con los tipos de comunidades fitoplanctónicas. (6)

Dentro de los estanques de cultivo de camarón se considera que el color más recomendable del agua es el marrón claro. El color verde no es recomendable y el color marrón oscuro es indicativo de que el agua se encuentra en estado crítico. (27)

Turbidez. En la mayoría de estanques de camarón, la mayor fuente de turbidez es el plancton, por lo tanto, la visibilidad con el Disco Secchi provee un índice confiable de crecimiento de fitoplancton. (6)

En la práctica, la norma de manejo indica que lo más adecuado es mantener una profundidad del disco de 30 a 35 cm. Una profundidad menor representa una sobrepoblación de fitoplancton y un potencial problema de oxígeno, y una mayor claridad del agua es un indicador de un suministro inadecuado de alimentos en el estanque.

A pesar de que en muchas aguas existe una relación directa entre la visibilidad del disco y la abundancia de plancton, a veces la turbidez es causada por partículas suspendidas de arcilla o detritus que dispersan y absorben la luz, y no por la cantidad de fitoplancton. (8)

Temperatura. Las especies de camarón de aguas cálidas crecen mejor a temperaturas entre 25°C y 32°C. En las áreas subtropicales la temperatura puede descender por debajo de los 25°C durante semanas o meses, por lo que los camarones no crecerán adecuadamente.

La temperatura tiene alto impacto en los procesos químicos y biológicos. Los procesos biológicos como crecimiento y respiración se duplican, en general, por cada 10°C que aumenta la temperatura. Esto significa que el camarón crece dos veces más rápido y consume el doble el doble de oxígeno a 30°C que a 20°C, por lo que el requerimiento de oxígeno disuelto es más crítico en temperaturas cálidas que en las frías. De igual manera, el crecimiento y la respiración de otros organismos que comparten el estanque, así como las reacciones químicas en su agua y suelo, se incrementan también conforme aumenta la temperatura. Por ello, las variables de calidad del agua se vuelven más críticas con el aumento de la temperatura. (8)

Al incrementar la temperatura, el camarón tiene que reponer la energía gastada con el incremento del metabolismo mediante la ingesta de más alimento, (mas gasto en la respiración, locomoción, proceso de muda) su crecimiento y a la vez el factor de conversión alimenticia. El aumento de la respiración por efecto del incremento de la temperatura también hace que disminuya el oxígeno en el agua mucho mas rápido, ocurriendo estrés y muerte de camarones. (2)

pH. En general, el agua con un pH comprendido en la franja de la escala desde el 6,5 al 9,0 es la más indicada para producción de organismos acuáticos. Los valores por debajo o por encima de estos puntos son perjudiciales y disminuyen el crecimiento de los animales y su producción; mientras los valores muy bajos (menores a 5) o los muy altos (mayores de 11) son letales produciendo la muerte. (18)

Los valores de pH pueden fluctuar ampliamente durante el día, a través de los procesos biológicos y químicos que se producen dentro de un estanque de cultivo de camarones, donde se trabaja en estanques de tierra y con aporte de fertilizaciones inorgánicas y orgánicas para obtención de mayor alimento natural y oxígeno a disposición. Por efecto del abundante **fitoplancton** (vegetales microscópicos) y debido al proceso de **fotosíntesis** efectuado por estos microorganismos (al igual que en las plantas verdes superiores), los

valores básicos serán altos (durante el día) o bien bajos (durante la noche) donde aumenta la respiración y se produce ácido carbónico. (18)

Si la concentración de ácido carbónico (producto del anhídrido carbónico exhalado por los animales) crece, la de iones de hidrógeno aumenta y el pH disminuye, y viceversa. (8)

El mejor rango de pH para camarones es de 7 a 8,5. Cuando los brotes densos de fitoplancton ocurren en agua de baja alcalinidad, el pH puede subir por encima de 8,5. Normalmente, el pH es más alto en el agua superficial y va decreciendo con la profundidad. Los camarones pasan la mayor parte del tiempo en o cerca del fondo, por lo que usualmente no se ven afectados por valores altos de pH en la superficie. (6)

Valores extremadamente bajos de pH pueden causar formación de caparzones muy blandos y poca supervivencia. Un pH bajo moderado no tiene efectos en la supervivencia pero puede presentar efectos adversos en el crecimiento. Además, ciertos niveles de pH favorecen la formación de sustancias tóxicas o incrementan sus efectos. Por ejemplo, niveles de pH mayores a 7 acrecientan el porcentaje de amonio no ionizado (NH_3). El pH bajo eleva la toxicidad del nitrito para peces y camarones, e incrementa también la fracción de sulfuro de hidrógeno no ionizado (H_2S). (13)

Salinidad. La salinidad es la concentración total de los iones disueltos. La salinidad depende básicamente de siete iones, cuyo promedio de concentración en el agua de mar es: Sodio, 10.500 mg/L; Magnesio, 1450 mg/L; Calcio, 400 mg/L; Potasio, 370 mg/L; Cloruro, 19.000 mg/L; Sulfato, 2.700 mg/L; Bicarbonato, 142 mg/L. En agua salobre, la salinidad varía de acuerdo a la salinidad de la fuente de agua. La salinidad en las aguas estuarinas puede ser similar a la del agua dulce durante la época de lluvia y aumentar durante la sequía. (8)

Aunque varias especies de camarones pueden ser cultivadas exitosamente en estanques costeros con salinidad entre 1 y 40 ppm, la productividad mejora con una salinidad superior a 5 ppm y la mayoría de criadores la prefieren entre 20 y 25 ppm.

La salinidad excesiva puede ser moderada mediante recambio de agua, pero hay muy poco que se puede hacer para elevar los niveles de salinidad bajos. En agua con baja salinidad, la

dureza total (calcio + magnesio expresada en miligramos por litro de CaCO_3) y la alcalinidad total (primariamente bicarbonato expresado en miligramos por litro de CaCO_3) pueden caer por debajo del límite de concentración más bajo (50 mg/L) considerado adecuado para los camarones. (6).

El proceso de muda en condiciones muy altas o bajas de salinidad pueden requerir más tiempo y energía. Este incremento en el intervalo de tiempo aumenta la vulnerabilidad del camarón a los depredadores y al canibalismo, y prolonga su inhabilidad de hurgar en busca de comida. (13)

Alcalinidad. La alcalinidad es la concentración total de bases en el agua, expresada en miligramos por litro de carbonato de calcio (CaCO_3). Las bases en el agua son: hidróxido, amonio, borato, fosfato, silicato, bicarbonato y carbonato. En la mayoría de estanques la concentración de bicarbonato y carbonato es superior por mucho a la de las otras bases. (8)

La alcalinidad debe ser superior a 75 mg/L en estanques de camarón; si este parámetro fuera bajo durante el primer mes o hasta los 40 días después de la siembra de post-larva el camarón pudiera tener problemas con la muda, se producirían deformidades; y la mayor parte de la población moriría si el valor de alcalinidad estuviera por debajo de 50 ppm. (18)

La alcalinidad generalmente desciende en estanques con suelos ácidos y en aguas con baja salinidad.

Dureza. Este parámetro muestra la concentración total de iones metálicos, principalmente calcio (Ca) y magnesio (Mg) presentes en el agua. Este factor se encuentra asociado a la alcalinidad total, o sea, los iones carbonato y bicarbonato relacionados a metales como el sodio (Na) y el potasio (K), especialmente. En el caso de los crustáceos, las aguas no podrán ser extremadamente “duras” (o sea con una excesiva cantidad de calcio) ni tampoco “blandas” (con pocos carbonatos) ya que este elemento influye notablemente en el proceso biológico de “muda” o “cambio de caparazón o exoesqueleto”, método que utilizan estos animales para crecer. Si el agua de cultivo es demasiado dura, les será difícil desprenderse del exoesqueleto viejo y morirán; mientras que si el agua es demasiado blanda, no podrán formar su nuevo caparazón por falta de suficientes carbonatos y serán presas fáciles de predadores, inclusive por canibalismo. (18)

Demanda Bioquímica de Oxígeno. Cuando los residuos orgánicos entran en un sistema acuático, se produce una respuesta característica de disminución de los niveles de oxígeno. Los incidentes graves de contaminación pueden afectar de manera severa a los organismos y microorganismos, o inclusive provocar la total eliminación de la biota al producir la completa desoxigenación del medio acuático, dando lugar a un medio anóxico.

La materia orgánica presente en el agua del estanque se descompone en presencia de oxígeno mediante la actividad bacteriana, por lo que los niveles de oxígeno disuelto en el agua se ven afectados. En consecuencia, se dice que estos residuos presentan una gran demanda de oxígeno. (28)

Esta es la manera en que se mide el consumo de oxígeno por plancton y bacteria en una muestra de agua de un estanque. Una muestra diluida es incubada en la oscuridad por 5 días a una temperatura de 20°C. La pérdida de oxígeno disuelto en el agua durante el periodo de incubación es la demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

Los estanques generalmente tienen valores de DBO de 5 a 10 mg/L. Mientras mayor sea la cantidad de materia orgánica en el agua más alta será la DBO. Cuando la DBO excede 20 mg/L, el agotamiento de oxígeno es un peligro en los estanques que no cuentan con aireación mecánica (8)

6.1.1 Oxígeno Disuelto.

Los requerimientos totales de oxígeno en estanques de cultivo de camarón dependen de varios factores: contenido orgánico del suelo, cantidad de desechos sedimentados, densidad y composición de la floración algal, y biomasa del camarón. (20)

El oxígeno es provisto en el estanque por la fotosíntesis del fitoplancton en el agua y por otros medios como la aireación y los recambios de agua. El fitoplancton produce oxígeno en proporción a su densidad y la cantidad de luz; mientras existe más fitoplancton y más luz solar, más oxígeno es producido. La producción de oxígeno alcanza su máximo en las últimas horas de la tarde y después disminuye hasta el amanecer de la mañana siguiente.

Además, las concentraciones de oxígeno disuelto son mayores en la superficie que en el fondo del estanque.

El mayor factor que puede causar bajas concentraciones de oxígeno disuelto en las piscinas es la excesiva abundancia de fitoplancton, la cual es una función de los patrones de alimentación; a rangos de alimentación superiores a los 50 kg/ha se puede esperar problemas de oxígeno disuelto. (6)

En condiciones extremas, los crustáceos pueden resistir por cortos periodos, concentraciones menores de hasta 2 y 1 mg/L, siempre que la calidad del agua se mantenga favorable en los otros aspectos. Los efectos del oxígeno disuelto bajo se manifiestan en crecimientos lentos o en mayor susceptibilidad frente a enfermedades. Las consecuencias posteriores también incluyen altas mortalidades, ya que al disminuir el oxígeno disuelto por debajo del límite correcto los camarones comen menos y se produce en ellos un alto grado de estrés. (2)

Se recomienda que la concentración de oxígeno disuelto para el cultivo de camarón debiera estar por encima de los 4 mg/L. (13)

De igual manera, para que las bacterias actúen de manera óptima en la reducción de la materia orgánica o descomposición aeróbica el nivel óptimo de oxígeno disuelto debe estar por encima de 4 ppm. (20)

6.1.1.1 Manejo de Oxígeno Disuelto.

La difusión del oxígeno del aire al agua es lenta, excepto bajo condiciones de fuerte turbulencia y aireación mecánica. En casi todos los estanques de camarón el oxígeno contenido en el agua es gobernado por las actividades del plancton y de las bacterias.

Los sedimentos del estanque y la columna de agua son los principales consumidores de oxígeno. Shigueno (1975) estimó que estos consumen el 51 y el 45% del oxígeno total, respectivamente. Cuando la producción neta del estanque es negativa, el consumo de oxígeno del estanque excede a la producción y las condiciones de baja concentración de

oxígeno disuelto pueden ser frecuentes. Una de las soluciones recomendadas para este problema es la aireación del agua de las piscinas. (13)

La provisión de oxígeno disuelto mediante aireación puede mejorar las concentraciones de este elemento en el agua del estanque y mejorar la circulación de agua en el fondo, lo cual disminuye el riesgo de que se formen microambientes anaeróbicos en o cerca del fondo. Estanques con suficiente oxígeno disuelto y un fondo bien oxidado usualmente presentan buena sobrevivencia y crecimiento del camarón. (6)

6.2 PROPIEDADES DEL SUELO DE CAMARONERA.

pH. El rango óptimo de pH para estanques de camarón es 7,5 a 8. Usualmente hay pocos motivos para preocuparse acerca del pH del suelo cuando el pH del agua se encuentra en valores óptimos y la alcalinidad y dureza totales se encuentran en 50 mg/L o por encima. Cuando los estanques son vaciados y dejados para que se sequen, los suelos se pueden volver más ácidos.

Materia Orgánica. El rango normal de concentración de carbono orgánico en estanques de camarón es de 1-2% (1,7 a 3,4% de materia orgánica). La materia orgánica es la fuente del poder reductor que conduce a condiciones anaeróbicas en los suelos del estanque, pero no hay suficientes datos que indiquen la relación entre concentración de carbono orgánico, desarrollo de condiciones anaeróbicas y producción de camarón.

Sedimento. La acumulación de sedimento en un estanque es indeseable ya que altera la forma del fondo y reduce el volumen total del mismo. El sedimento a menudo es más suave que el suelo original del fondo; además, puede contener materia orgánica considerable que da como resultado microambientes anaeróbicos. Hay dos clases de sedimentos en las piscinas:

- Sedimento que se origina a partir de los sólidos suspendido en el agua.
- Sedimento resultante de procesos que ocurren en el estanque (el principal proceso generador de sedimentos es la aireación). (6)

6.3 PLANCTON.

Plancton es el nombre genérico para designar en conjunto al zooplancton y al fitoplancton.

El fitoplancton junto con las bacterias y el zooplancton conforman los primeros eslabones de la cadena alimentaria en un ecosistema de acuicultura. (12)

“Las comunidades bénticas de macro y meio fauna en los estanques juegan un papel muy importante como comida natural para camarones”.¹ Literatura reciente acerca del comportamiento alimenticio del camarón tanto en la naturaleza como en estanques de cultivo muestran que la dieta de estos camarones consiste en crustáceos, pescado, moluscos, rotíferos, copépodos, insectos, animales bénticos, materia vegetal, algas, lodo y partículas de arena. (37)

Por otro lado, el desarrollo del camarón en su etapa larval y su sobrevivencia dependen del tipo, calidad y cantidad de alimento ingerido. Diferentes tasas de desarrollo larval pueden ser causadas por la calidad del alimento disponible. La falta de valor nutricional adecuado durante el periodo en el cual la larva comienza a alimentarse, puede causar mortalidades masivas en las larvas de *Penaues*, y si la larva sobrevive, su desarrollo puede ser parcial. El plancton provee los micronutrientes esenciales ausentes en muchos alimentos comerciales, por lo que las larvas recién sembradas generalmente prefieren el alimento natural al artificial. (38)

El tipo de plancton que está presente en el estanque también es importante. Se prefieren las diatomeas por su mayor contenido nutricional. (8)

El fondo del estanque sustenta diversas comunidades de bacterias, hongos, algas y pequeños animales llamados bentos (los cuales también producen detritus al morir). El detritus constituye el principal alimento natural de los camarones. (8)

¹ Allan and Maguire 1993; Allan et al. 1995 ; Hendrickx et al. 1996.

Sin embargo, la productividad natural (plancton) por sí sola no es suficiente para sostener un buen crecimiento de camarón, excepto bajo condiciones de muy baja densidad, pero contribuye a la calidad de la dieta del camarón y a reducir la cantidad del costoso alimento.

6.3.1 Fitoplancton.

El fitoplancton está constituido por organismos microscópicos suspendidos en la columna de agua, regularmente de color verde, aunque también hay algas verde azules, amarillas, rojas, negras o cafés. Cuando el agua tiene suficientes algas como para cambiar su color se dice que hay un “bloom de fitoplancton”. Las algas pueden crecer en el fondo, siempre que haya luz suficiente para la fotosíntesis. (8)

En un ecosistema acuático las bacterias son los organismos encargados de la remineralización de la materia orgánica particulada y disuelta para hacerla accesible al fitoplancton, mientras que éste es responsable de convertir la energía solar y los nutrientes en biomasa a través de un proceso conocido como productividad primaria. El fitoplancton y la meiofauna constituyen las fuentes de alimento para organismos tales como el zooplancton (productividad secundaria), los cuales a su vez son comidos por los camarones. (8)

El fitoplancton tiene un período de vida de 1 a 2 semanas, y cuando los individuos mueren se asientan en el fondo y son descompuestos por microorganismos, formando el detritus, el cual enriquece el fondo con su materia orgánica. (7)

El fitoplancton también juega un papel importante en regular los parámetros de calidad del agua. Las algas son biofiltradoras naturales y removedoras efectivas de desperdicios nitrogenados solubles como el amonio. El fitoplancton y los sólidos suspendidos sombrean la columna de agua creando un ambiente más favorable para los camarones, a los que generalmente no les gusta la luz fuerte; esto también reduce el riesgo de canibalismo y depredación por parte de las aves. Por otro lado, el fitoplancton compite por nutrientes con otros microbios y disminuye la población de bacterias patógenas.

La forma más económica de airear u oxigenar el agua del estanque es a través de la fotosíntesis generada por las algas.

Además, el fitoplancton es clave en el comportamiento del oxígeno disuelto. (8)

Varios factores físicos (luz, temperatura, salinidad) como químicos (nutrientes, pH, factores de crecimiento) tienen una gran influencia en el estado fisiológico de las células fitoplanctónicas, las cuales para su desarrollo necesitan básicamente de nutrientes inorgánicos como el NO_3 , PO_4 , SiO_3 , metales (Zn, Cu, Mo, Co, Mn) y de compuestos orgánicos como las vitaminas (H, B1, B12). (29)

6.3.1.1 Phylum *Cyanophita* (Algas Verde Azules).

El grupo está constituido de 2000 especies, la mayoría de agua dulce, aunque también están presentes en ambientes estuarinos y marinos. Se compone de células filamentosas que al formar colonias puede llegar a tener una considerable extensión. La reserva alimenticia es almacenada en forma de carbohidrato parecido al almidón.

Dentro del grupo Cianofita se encuentran los géneros *Anabaena* y *Oscillatoria*. Los análisis estomacales realizados al camarón confirman que estas algas le sirven de alimento, ya que fueron encontradas en proceso de digestión. A pesar de esto, es probable que cuando aumente su concentración pueden contribuir a elevar las toxinas en el agua. De allí que muchos técnicos cuando observan la presencia de estas optan por renovar por lo menos el 60% del agua. (27)

Más aún, las algas verde azules y los dinoflagelados son considerados no deseables porque pueden causar inestabilidad en la química del agua y problemas de salud en los crustáceos; además, las algas verde azules pueden ser las causantes del mal sabor en los camarones. (8)

Algunas algas verde azules muestran tasas más lentas de crecimiento que otras, de tal manera que el recambio de agua del estanque puede ayudar a bajar la densidad de algas verde azules en beneficio del desarrollo de las algas verdes, que tienen un crecimiento más rápido.

6.3.1.2 Diatomeas.

Las diatomeas pertenecen al *Phylum Chrysophyta*, que está compuesto de 6000 especies. La dominancia de pigmentos carotenoides amarillos y pardos en la clorofila originan el color pardo amarillento o color cerveza del agua. La pared de la célula contiene sílice, tiene reservas alimenticias en forma de grasas y tiene un carbohidrato complejo llamado laucosina. Por esta razón, las diatomeas están consideradas como el grupo de algas de mayor beneficio alimenticio para el camarón. (27)

Dentro de las diatomeas se destacan dos modos de vida principales que son: béntico y planctónico; en el béntico las diatomeas se desarrollan sujetas a sustratos tales como roca, arena y barro, en cambio, las diatomeas planctónicas flotan libremente en el agua.

La mayoría son autótrofas, aunque algunas son heterótrofas facultativas y pueden vivir en la oscuridad, reteniendo la capacidad fotosintética (diatomeas “pennadas”).

Según Round, la subclase *Bacillariophyceae* agrupa a las diatomeas “pennadas” e incluye organismos planctónicos y bentónicos, marinos, de aguas salobres y dulces. (46)

6.3.2 Zooplancton.

La presencia de zooplancton (principalmente copépodos, cladóceros y rotíferos) en el estanque es considerada beneficiosa. La presencia de protozoos ciliados es un indicador negativo dado que puede ser señal de altos niveles de materia orgánica.

6.3.2.1 Rotíferos.

La principal especie dentro de este grupo es el *Brachiunus Plicatilis*, cuyo tamaño varía de 100 a 300 μ . Este animal es un organismo filtrador; el extremo anterior de su cuerpo está modificado en un aparato rotatorio ciliado cuyo movimiento origina corrientes de agua que atraen a los microorganismos (fitoplancton) de los que se nutre. La reproducción de este animal microscópico es de tipo sexual y asexual.

El *Brachiunus Plicatilis* está considerado como uno de los mejores alimentos naturales que puede existir para el cultivo de camarones a partir de la fase de post-larvas hasta adultos. (27)

6.3.2.2 Copépodos.

Son crustáceos pequeños de cuerpo corto y cilíndrico, con un solo ojo. Se alimentan de microalgas, rotíferos o de harina de pescado contenido en el balanceado para el camarón. El tiempo de desarrollo completo de estos animales varía desde una semana hasta un mes.

Watanabe (1978) analizó y estableció que los copépodos parecen tener un alto contenido de ácidos grasos insaturados, algo favorable para el crecimiento del camarón.

6.3.2.3 Phylum *Ciliophora* (Ciliados).

Clase dentro del Reino Protista constituida por los *ciliados*, protozoos complejos de agua dulce o salada que nadan mediante el movimiento coordinado de sus “cilios” (estructuras cortas parecidas a cabellos que cubren la superficie celular). Al igual que otros protozoos, los ciliados son unicelulares heterótrofos. Algunos se alimentan de bacterias así como de algas con la ayuda de las corrientes creadas por sus cilios.

Anteriormente se consideraba a los ciliados como parásitos del camarón; sin embargo, en la actualidad (2000) se considera a estos organismos como comensales típicos en vez de parásitos verdaderos. Ellos viven en estado de latencia en la superficie corporal de los crustáceos. Cuando el camarón “muda”, el protozoo es liberado y completa su ciclo de vida dentro del exoesqueleto excretado; todo esto antes de regresar al estado de latencia en un nuevo crustáceo. (47)

A continuación se presenta una tabla que muestra las densidades óptimas de plancton en estanques de cultivo de camarón.

Tabla 3. Densidades óptimas de plancton en estanques de camarón

Tipo	Células/ml	
	Mínimo	Máximo
Diatomeas	20,000	

Clorofilas	50,000	
Algas verde-azules	10,000	40,000
Dinoflagelados	-	500
Algas Totales	80,000	300,000
Zooplankton	2	50
Ciliados	10	150

Fuente: Clifford. Comunicación personal. 2000.

CAPÍTULO VII

EUTROFICACIÓN

“Se define a la eutroficación como el aumento en las aguas de nutrientes vegetales inorgánicos. Estos nutrientes suelen ser el nitrógeno y el fósforo, los cuales son esenciales para el crecimiento y desarrollo de plantas y organismos, aunque en exceso pueden contaminar el agua, provocando el aumento de la productividad primaria”. (28) Esto provoca un exceso de fitoplancton, siendo un fenómeno que puede ocurrir en aguas no fluyentes (lagos, embalses y algunas zonas costeras de los mares).

Si este proceso se da debido a la acción del hombre se conoce como *eutroficación cultural*.

7.1 EUTROFICACIÓN EN CAMARONERAS.

Los problemas de calidad de agua se están volviendo muy comunes en estanques de camarón. Estos problemas usualmente son el resultado de altos rangos de alimentación y la contaminación de las fuentes de agua ocasionada por los efluentes de las piscinas. La pobre calidad del agua genera enfermedades, mortalidad, crecimiento lento y baja productividad de camarones. (7)

Cuando un estanque es llenado con agua de aparentemente buena calidad se deduce que el deterioro de la misma se produce como consecuencia de la aplicación de alimento. Los camarones comen la mayoría del alimento que se adiciona a un estanque, del cual parte es ingerido y asimilado y parte se convierte en heces fecales. De la porción ingerida, parte es convertida en carne del camarón, y parte es usado en el metabolismo y excretado al agua

como dióxido de carbono y amonio. Los residuos del alimento se acumulan al fondo del estanque y se descomponen junto con las heces fecales, liberando dióxido de carbono, amonio, fosfato y otros nutrientes. (7)

Como los rangos de alimentación se incrementan, existe una entrada excesiva de nitrógeno y fósforo en el cuerpo de agua y el contenido de nutrientes se incrementa de forma anormal, por lo que se produce un florecimiento masivo de algas superficiales, donde predominan comúnmente las algas verdiazules, diatomeas como la *Asteriorella* y la *Fragillaria* y cianobacterias como la *Anabaena*. (12)

El fósforo inorgánico en el agua puede estar contenido en las partículas de suelo suspendidas o en fosfato soluble. El fitoplancton usa para crecer nitrógeno amonio, nitrato y fósforo soluble inorgánico. Dado que los microbios pueden transformar el nitrógeno orgánico y fósforo a forma inorgánica soluble, el potencial de eutroficación aumenta a medida que lo hacen la concentración de nitrógeno y fósforo. (8)

Por otro lado, la muerte de las poblaciones masivas de algas (con las estaciones) libera también gran cantidad de nutrientes y ocasiona un aumento pronunciado de detritus orgánico, haciendo que el fenómeno sea acumulativo. Por último, estas floraciones producen un aumento en la turbidez del agua ocasionando un descenso alarmante de la transparencia a la luz, oscurecimiento que podría producir la muerte de macrófitos. (12)

Un estanque de camarón tiene una capacidad limitada para procesar los nutrientes y la materia orgánica. Una vez que el estanque se vuelve tan eutroficado que ni la aireación ni el recambio de agua sirven para mantener un estado adecuado del agua, la única solución razonable sería disminuir la adición de nutrientes y materia orgánica a través de la reducción del alimento. Se debe tener en cuenta que las primeras señales de sobrealimentación (excesiva presencia de nutrientes) son la reducción de la concentración de oxígeno disuelto y el incremento acelerado de los niveles de amonio.

7.1.1 Efluentes.

El agua de los estanques es generalmente descargada en estuarios, canales o directamente en el mar, en proporciones que dependen de la cantidad de agua que fue bombeada inicialmente hacia las piscinas. (34)

Durante un recambio normal de agua, los efluentes serán de la misma calidad que el agua de la piscina del cual se originaron. Tales aguas usualmente contienen oxígeno disuelto adecuado para la vida acuática, pero tiene elevadas concentraciones de nitrógeno, fósforo, y materia orgánica. La materia orgánica contendrá mucho del nitrógeno y el fósforo, y las células fitoplanctónicas vivientes contendrán la mayor parte de materia orgánica. Los efluentes descargados también contienen sólidos sedimentables originados de la turbulencia del fondo de la piscina, y pueden contener sustancias tóxicas como sulfuro de hidrógeno. (7)

Cuando hay una fuente de agua de alta calidad, el recambio de agua puede ser efectivo para reducir las excesivas concentraciones de nutrientes o fitoplancton. Generalmente, el recambio de agua es usado para ajustar la salinidad hasta llegar al valor deseado, para remover los metabolitos en exceso, para mantener saludables a las algas, para reducir los niveles de TAN y nitrito y para regular la temperatura del agua. (13)

En un estanque sin recambio de agua, mucho del nitrógeno se perderá en el aire gracias a la volatilización del amonio y la desnitrificación microbiana. Algo del mismo quedará en la materia orgánica del fondo del estanque, y el fósforo será absorbido por el sedimento. Estudios recientes (1999) sugieren que cerca del 50% del nitrógeno y 65% del fósforo agregado en el alimento podrían ser extraídos del agua de un estanque sin recambio de agua a través de procesos químicos, físicos y biológicos; en cambio, con el recambio de agua habría una mayor pérdida de nitrógeno y fósforo en los efluentes, ya que más N y P se liberaría de los estanques antes de ser extraídos por procesos de purificación natural. (8)

En el siguiente cuadro se detallan las pérdidas de nitrógeno y fósforo contenidos en los efluentes, una vez que se realiza el recambio de agua de las piscinas.

Tabla 4. Salidas de nitrógeno y fósforo para diferentes niveles de producción de camarón.

Producción (kg.)	N (kg/ha)	P (kg/ha)
500	6.3 – 10.5	0.9 – 1.8
1000	12.6 – 21	1.8 – 3.6
2000	25 - 42	3.6 - 7.2
3000	37.8 – 63	5.4 – 10.8
4000	50.4 - 84	7.2 – 14.4

Fuente: BOYD, C. y TREECE, G. Métodos para mejorar la camaronicultura en Centroamérica. Managua (Nicaragua). Editorial Imprenta UCA. 2001. pp. 1 – 283.

Los efluentes de las piscinas normalmente no contienen sustancias tóxicas como las encontradas en aguas residuales de industrias y de actividades agrícolas. Estos contienen nutrientes que pueden acelerar el crecimiento de fitoplancton y la eutroficación de las aguas receptoras, materia orgánica que incrementa la demanda de oxígeno en aguas receptoras, material sedimentable que puede formar sedimento en aguas receptoras, y sedimentos removidos de las piscinas camaroneras que tienen una alta DBO y que pueden contaminar otros cauces de agua. (7)

Una devaluación en la calidad ambiental del estuario puede tener un efecto retroactivo negativo en las operaciones del estanque de camarón. La “auto-contaminación” está definida como el bombeo de agua hacia los estanques de acuicultura, previamente descargada en el estuario, que contiene elevadas concentraciones de nutrientes y contaminantes, y bajas concentraciones de oxígeno disuelto. (34)

Otras consecuencias negativas para el medio ambiente en general son la pérdida de lugares de desove para los peces, la alteración de la cadena alimenticia debido a la reducción del alimento para peces y aves (que se alimentan a su vez de peces y plantas), y la modificación de la estructura del hábitat de muchas especies debida a la pérdida de macrófitos. De igual manera, la pérdida de la población de macrófitos origina una máxima vulnerabilidad de los extremos de los bancos a la erosión de las olas.

7.1.2 Control y Manejo.

Mantener la calidad del agua significa mantener la concentración de sustancias dañinas en el agua lo suficientemente baja como para que no puedan afectar adversamente al comportamiento y la psicología de los organismos cultivados. El manejo de agua se encamina a proveer agua adecuada a estos organismos y a minimizar las fluctuaciones en la calidad del agua. (13)

En sistemas de cultivo intensivos, las formas más adecuadas de reducir el riesgo de baja calidad de agua y de eutroficación de cauces receptores son:

- Usar alimento de alta calidad. Este generará menor cantidad de desechos metabólicos y excrementos. Un alimento estable en agua puede ser comido entero por el camarón.
- Aplicar estrategias eficientes de alimentación para reducir la carga orgánica innecesaria. La fuente del problema es la adición de alimento, así que se necesita regularla de alguna manera.
- Reducir el recambio de agua. Al retener el agua en los estanques por mayor tiempo hay mayor oportunidad para que el nitrógeno y fósforo se eliminen por procesos naturales.
- Mantener una comunidad estable de fitoplancton que pueda absorber las sustancias tóxicas.
- Al momento de drenar los estanques, tratar de minimizar la velocidad del efluente para evitar que el sedimento se resuspenda del fondo de los estanques.

- Mantener buenas concentraciones de oxígeno disuelto en los estanques, ya que los aireados asimilan mucho más desperdicios que los no aireados. La buena concentración de oxígeno favorece la oxidación de amonio a nitrato, el cual luego puede ser desnitrificado en el sedimento.

Por otro lado, como método alternativo, se puede proceder a la aplicación de productos químicos al agua para reducir al mínimo los niveles de fosfato. Sustancias como el sulfato de hierro han sido usadas en Gran Bretaña para disminuir el fosfato. También se puede aplicar el sistema de dragado para eliminar los sedimentos, pero esto podría agravar la situación si, por el contrario, se provoca la liberación de más nutrientes en el sistema. (28)

Otro método de eliminación de fósforo lo constituye el sellado del fondo del lago o embalse con el fin de evitar que se produzca un intercambio de fósforo entre el agua y los sedimentos; esto se logra colocando membranas (politeno) en el lecho del cuerpo de agua y se extiende una capa de arena sobre ellas. La membrana debe tener agujeros para permitir la liberación de gases anaerobios. Para evitar que se originen floraciones de algas se puede incrementar la circulación superficial para aumentar la aireación del lago o embalse.

Además, recientemente (1998) se ha propuesto un método que consiste en usar los humedales de manglar como filtros de las descargas de los estanques previo a la liberación de estos efluentes en aguas estuarinas. El uso de estos pantanos para procesar la polución del agua de desecho ha sido efectivo en la reducción de la materia orgánica, sólidos suspendidos y nutrientes en regiones templadas y semi-tropicales. (36)

Los bosques de manglar funcionan como sumidero de nitrógeno inorgánico y fósforo. Estos humedales también contribuyen con carbono orgánico disuelto y particulado a las aguas costeras. Como los bosques de mangle pueden ser limitados en N o P, la alta demanda de nitrógeno inorgánico por los lechos de hojas descompuestas puede regular el reciclaje eficiente de este elemento en el piso del bosque, lo que puede servir como mecanismo de retención de nutrientes. (36)

Los estimativos de la carga de nitrógeno que es descargado en aguas costeras desde estanques de camarón son limitados, lo que hace difícil determinar el uso potencial de los bosques de mangle como reguladores del ingreso de nutrientes desde estos efluentes. Por

otra parte, muchas piscinas de acuicultura de camarón han sido construidas en o adyacentes a bosques de mangle causando su pérdida funcional en zonas costeras. (36)

CAPÍTULO VIII

EXPERIMENTACIÓN

8.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO.

8.1.1 Ubicación Geográfica.

Provincia:	Manabí.
Cantón:	Pedernales.
Parroquia:	Cojimíes.
Lugar:	Camaronera de propiedad del Señor Rubén Zambrano.

8.1.2 Características Físicas y Climáticas.

Precipitación Promedio Anual:	1500 a 2000 mm.
Temperatura Promedio anual:	24,5° C.
Humedad relativa media anual:	40 a 50%.
Altura:	600 msnm.

8.2 PROCEDIMIENTO.

Para poder evaluar la influencia del producto (BIO2-H) sobre las condiciones de cultivo, sobre el desarrollo del camarón, y su efectividad con relación a la reducción de nutrientes se procedió a la construcción de diques pequeños junto a las piscinas. Estos diques sirvieron para aplicar diferentes dosis de producto comercial y verificar las variaciones que sufren sus parámetros físico-químicos y biológicos.

Una vez llenados los diques con agua del estero Jujanal, se procedió a dosificarlos con tres dosis diferentes de bioabono. El primer dique fue considerado como testigo y no recibió ninguna aplicación. En los diques 2, 3 y 4 se aplicaron 3 gramos de bioabono; en los diques 5, 6 y 7 se aplicaron 6 gramos; y en los últimos tres diques se aplicaron 9 gramos de bioabono. El objetivo de esta aplicación fue generar plancton con el fin de preparar las condiciones para la siembra de los camarones, reemplazando al alimento convencional. Luego de seis días ya existía la presencia de plancton por lo que se sembraron veinte camarones (*Penaeus Vannamei*), de veinte días cada uno. Esta población de camarones fue sugerida por el dueño de la camaronera según su experiencia. El primer muestreo de agua fue realizado seis días después de aplicar el bioabono, y el segundo fue llevado a cabo quince días después de sembrados los camarones. Las bacterias fueron inoculadas inmediatamente después de este muestreo.

8.2.1 Construcción de los Diques.

1. Se construyeron diez diques de $1,5 \text{ m}^2$ cada uno, con una capacidad individual de 1 m^3 . Estas dimensiones fueron recomendadas por el Señor Rubén Zambrano, dueño de la camaronera y su empleado, ambos con varios años de experiencia en el cultivo de camarón. El material utilizado fue tierra negra de consistencia lodosa (que contiene raíces de mangle), el cual también fue utilizado para la construcción de las barreras de las piscinas de camarón. Uno de estos diques fue utilizado como testigo.
2. Se procedió a llenar los diques con agua del estero Jujanal (el mismo que se utiliza regularmente para proveer de agua a las piscinas), ya que se quiso trabajar con las condiciones naturales del sitio.

3. Durante todo el proceso de experimentación el agua de los diques fue oxigenada manualmente seis veces al día. Mediante el uso de un balde se procedió a recoger un poco de agua de cada dique para luego verterla nuevamente dentro del mismo. Este mecanismo se repitió en todos los diques.

8.2.2 Aplicación del BIO2-H.*

- Antes de aplicar el producto (BIO2-H) se batió el envase durante 1 minuto con el fin de homogeneizar todo su contenido.
- Posteriormente se recogieron aproximadamente 500ml de agua del dique en un balde.
- Luego se procedió a tomar la cantidad deseada del producto comercial mediante el uso de una pipeta de 5ml. El BIO2-H contenido en la pipeta se vertió en el balde y el agua se agitó manualmente durante 1 minuto.
- Finalmente se volvió a verter el agua del balde en el dique tratando de esparcirla en toda su superficie.

* Procedimiento proporcionado por la Dra. Marita Monserrate, bióloga al servicio de la empresa que distribuye el producto.

8.2.3 Dosificación del BIO2-H.

- En el primer dique no se aplicó ninguna dosis de bacteria, ya que fue utilizado como testigo.
- En los diques 2, 3 y 4 se aplicó 0,5ml de BIO2-H.
- En los diques 5, 6 y 7 se aplicó 1ml de BIO2-H.
- En los diques 8, 9 y 10 se aplicó 2ml de BIO2-H.

- Estas aplicaciones fueron realizadas cada semana, durante 40 días.

8.2.3.1 Dosis de Producto Comercial:

t_0 = Testigo

t_1 = 0,5ml. de BIO2-H/ 1 m^3 (volumen de agua del dique).

t_2 = 1ml. de BIO2-H / 1 m^3 (volumen de agua del dique).

t_3 = 2ml. de BIO2-H / 1 m^3 (volumen de agua del dique).

8.2.3.2 Tratamientos:

Tratamiento	Nomenclatura	Dosis (ml).
t_0	Testigo	0
t_1	BIO2-H	0,5
t_2	BIO2-H	1
t_3	BIO2-H	2

8.2.3.3 Análisis de Datos:

Los datos recogidos durante la fase experimental fueron datos dispersos, ya que en total se realizaron 6 mediciones de las características del agua. Según la opinión del Ing. Alonso Moreta, profesor de Estadística de la Universidad Internacional SEK, el mejor método para analizar datos dispersos es el de “Histograma de Frecuencias”. Los histogramas construidos en base a los datos obtenidos en cada medición se encuentran en el ANEXO 1.

8.2.4 Caracterización del agua.

Para caracterizar el agua del estero y de los diques se procedió a tomar varias muestras para su posterior análisis en el laboratorio, con el fin de evaluar sus características físico-químicas y biológicas. Para poder comparar estos datos con los niveles recomendables para estanques de cultivo de camarón y facilitar su interpretación, el personal del Instituto Nacional de Pesca nos proporcionó una tabla

que especifica los rangos óptimos para algunos parámetros físico-químicos, la cual se muestra a continuación:

Tabla 5. Niveles óptimos de los parámetros físico-químicos en un complejo camaronero.

Parámetro	Rango
Oxígeno Disuelto	3 – 5,5 mg/L
Potencial de Hidrógeno	6,5 – 8,2
Nitrito	HASTA 0,02 mg/L
Nitrato	HASTA 0,62 mg/L
Amonio	HASTA 0,09 mg/L
Fosfato	HASTA 0,36 mg/L
Silicato	HASTA 9,2 mg/L

Fuente: Instituto Nacional de Pesca. Comunicación personal. Guayaquil (Ecuador). 2004.

8.2.4.1 Análisis Realizados.

- Análisis Físico-Químico. Incluye los siguientes parámetros:

- | | |
|--------------------------|--------------------|
| - Dureza | - Fosfato |
| - Sólidos Totales | - Silicato |
| - S. Totales Suspendidos | - pH |
| - DBO5 | - Oxígeno Disuelto |
| - Nitrito | - Salinidad |
| - Nitrato | - Temperatura |
| - Amonio | |

- Análisis Bacteriológico
- Análisis Cualitativo y Cuantitativo de Plancton.

8.2.4.2 Metodología de Análisis.

Análisis Físico-Químico.

Temperatura. Se midió *in situ* utilizando el equipo HACH.

pH. Se midió *in situ* utilizando el equipo HACH.

Salinidad. Se midió *in situ* utilizando el equipo HACH.

Oxígeno Disuelto. Se midió *in situ* utilizando el equipo HACH.

*El procedimiento de las técnicas utilizadas para la determinación de los siguientes parámetros fue proporcionado por la Dra. Diahly Coello, encargada del Departamento de Investigaciones Básicas del Instituto Nacional de Pesca (2004).

Sólidos Totales Suspendidos. Se utilizó la técnica descrita en el “Standard Methods for the examination of water and wastewater” (1992) Una muestra bien mezclada fue filtrada a través de un filtro GF/C (47mm de diámetro y 1,2µm de tamaño de poro), el cual fue previamente pesado; el residuo retenido en el filtro fue secado hasta peso constante a 103° - 105°C. El aumento en el peso del filtro representa el total de los sólidos suspendidos.

Dureza. Para la determinación de la Dureza se utilizó el método de titulación con EDTA, el cual cuantifica los iones calcio y magnesio. Se tomó 50ml de la muestra en un matraz, se le agrega 1ml de solución *Buffer* llevando la muestra a pH de 10, permitiendo la nitidez del punto final. Se agrega una pequeña cantidad del indicador negro de eriocromo T y se colorea la solución de un color rojo vinoso agregando EDTA como titulante. Se agrega EDTA hasta complexar todo el calcio y magnesio, punto en el cual la solución cambia del color rojo vinoso a azul, lo que indica el punto final de la titulación. Los datos son expresados en mg/L de Carbonato de Calcio.

Nutrientes Inorgánicos Disueltos. Las muestras de agua fueron filtradas a través de filtros de fibra de vidrio GF/C de 42,5mm de diámetro, los cuales fueron previamente sometidos a 450°C por 20 minutos para calcinar la materia orgánica. Las muestras filtradas fueron inmediatamente congeladas a -10°C hasta el momento de su análisis en el laboratorio. Los métodos de Strickland y Parsons (1972) y Solórzano (1969) se emplearon para la determinación de los nutrientes.

Fosfato. El fundamento del método se basa en la formación del complejo de fosfomolibdato y su subsecuente reducción con la producción de un complejo de color azul según metodología de Murphy y Riley (1962).

Nitrito. Se basa en la reacción clásica de Griess.

Nitrato. Basado en el método de Morris y Riley, con algunas modificaciones.

Amonio. Se fundamenta en la formación del colorante indofenol en medio alcalino, mediante la adición de fenol y dicloroisocianurato de sodio, actuando como catalizador el nitroprusiato de sodio (Solórzano 1969).

Silicato. El método para determinar la forma soluble del silicato depende de la formación del complejo de silicomolibdato, por la reacción de ácido ortosilísico con molibdato acidificado.

Análisis Bacteriológico.

Los métodos utilizados para el análisis bacteriológico fueron proporcionados por la Dra. Blanca Aveiga, encargada del Departamento de Microbiología del Instituto Nacional de Pesca (2004), y fueron los siguientes:

BAM / FDA 2000 Carp. 6

BAM / FDA 2000 Carp. 4

Análisis Cualitativo y Cuantitativo de Fitoplancton.

El procedimiento del método utilizado para el análisis cuali-cuantitativo de Fitoplancton fue proporcionado por la Dra. Diahly Coello, encargada del Departamento de Investigaciones Básicas del Instituto Nacional de Pesca, (2004).

El conteo se realizó utilizando cámaras de sedimentación de 10cc de capacidad mediante el método Utermöhl (Rytter 1978), obteniéndose los resultados en cel.dm⁻³.

Para este método se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{Cel.dm}^{-3} = (N * ch * cv) / vc$$

Donde:

N = Número de células encontradas por especie

ch = Número de campos horizontales contados

cv = Número de campos verticales contados

vc = Volumen de la cámara (10 cm³)

Análisis Cualitativo y Cuantitativo de Zooplancton

El procedimiento del método utilizado para el análisis cuali-cuantitativo de Zooplancton fue proporcionado por la Dra. Diahly Coello, encargada del Departamento de Investigaciones Básicas del Instituto Nacional de Pesca (2004).

Para este análisis se utilizó el método de Frontier (Boltovskoy, 1981) y el conteo con la cámara Dolfus.

8.2.5 Toma de Muestras.

Análisis Físico-Químico.

Para este análisis se tomaron 3 muestras compuestas de 300 ml cada una; además se tomó una muestra simple del testigo o muestra patrón. Las muestras fueron recogidas en frascos de plástico esterilizados. Cabe recalcar que la primera toma de muestras fue de agua del estero Jujanal, con el fin de obtener datos preliminares que nos sirvan como referencia.

Las muestras compuestas fueron tomadas de la siguiente manera:

Muestra	Diques
1	1
2	2,3,4
3	5,6,7
4	8.9.10

Posteriormente los frascos fueron etiquetadas y puestos en refrigeración para que las muestras no pierdan sus características originales; así se mantuvieron hasta llegar a Guayaquil (en menos de 24 horas) donde fueron analizadas en los laboratorios del Instituto Nacional de Pesca.*

* Las muestras tomadas para analizar potasio siguieron el mismo procedimiento (se tomaron 300 ml por muestra), pero este análisis específico no se realiza en el INP, por lo que tuvo que llevarse a cabo en el INIAP de Quevedo

Análisis Bacteriológico.

El procedimiento fue el mismo que el realizado para el análisis Físico-Químico.

Análisis Cualitativo y Cuantitativo de Fitoplancton.

El procedimiento de recolección de muestras fue el mismo que en los anteriores, con la única diferencia que a cada muestra se le tuvo que añadir lugol hasta que el agua tome un color ámbar, con el fin de conservar sus características hasta llegar al laboratorio en Guayaquil.

Análisis Cualitativo y Cuantitativo de Zooplancton.

Para recolectar muestras representativas de las poblaciones de zooplancton se utilizó el “método de la malla”, que consiste en construir una red de 30cm de largo, con una “boca” de 10cm de diámetro a partir de una malla de niñas común y corriente (la red debe ser construida con una doble capa de malla). Una vez armada la red se la introduce en el agua del dique y se la mueve siguiendo una trayectoria circular a velocidad constante tratando de cubrir toda la superficie de agua. Esto se lo realiza durante 30 segundos. Luego se toma la malla y se la enjuaga con la misma agua del

dique, teniendo cuidado de que el zooplancton (pequeñas partículas que parecen tierra) caiga en el frasco esterilizado. Si esta “tierra” se queda pegada a las paredes de la malla debe ser recogida con los dedos para introducirlas al frasco.

Al igual que en los procedimientos anteriores, se tomaron 3 muestras de 300ml cada una, las mismas que fueron conservadas aplicando 4ml de formol al 4%. Luego las muestras se pusieron en refrigeración para ser analizadas en el INP. Cabe recalcar que no se pudo analizar la muestra patrón de zooplancton por falta de presupuesto.

8.2.6 Frecuencia del Muestreo.

- La primera recolección de muestras se la realizó en el estero Jujanal, con el fin de contar con datos iniciales de referencia.
- Una vez aplicado el bioabono elaborado por María de los Ángeles Zambrano en su tesis se volvió a muestrear el agua de los diques.
- Una semana después de la aplicación del bioabono se procedió a colocar 20 larvas de camarón de 1g cada uno en todos los diques. Se esperó una semana más y se realizó el tercer muestreo de agua. Luego de tomar las muestras de todos los diques se aplicaron las diferentes dosis del BIO2-H. Sin embargo, los camarones murieron dos semanas y media después de ser introducidos en los diques, por lo que hubo que volver a aplicar el bioabono, sembrar nuevamente camarones más pequeños, y volver a dosificar los diques con el BIO2-H.
- El cuarto muestreo se realizó 20 días después de la segunda aplicación del BIO2-H (bacterias desnitrificantes).
- El último muestreo se lo realizó 45 días después de la segunda aplicación del BIO2-H. Cabe recalcar que los camarones murieron por segunda vez una semana antes de realizar el último muestreo, a pesar de que

semanalmente se aplicó carbonato de calcio al agua con el fin de evitar el estrés en el camarón.

8.2.7 Medidas realizadas en el camarón.

- Para evaluar el crecimiento del camarón se midió el peso de 3 animales de cada dique (usando una “gramera” digital) y se calculó el peso promedio del camarón en cada uno.
- Esta medición se realizó dos semanas después de la primera aplicación de bioabono y se repitió dos semanas después de que los camarones fueron sembrados por segunda vez. No se pudieron realizar más mediciones debido al alto nivel de mortalidad de los camarones adultos, tanto en la primera como en la segunda siembra.

CAPÍTULO IX

ANÁLISIS DE RESULTADOS

9.1 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS.

Los Histogramas de Frecuencias de los parámetros físico-químicos más relevantes durante el ensayo se encuentran en el Anexo 1.

El Cuadro 1 contiene todos los parámetros físico-químicos de la muestra de agua tomada del estero Jujanal, considerada como Muestra Patrón, ya que de ahí se bombea el agua para las piscinas camaroneras. En este cuadro se aprecia que la DBO5 y los compuestos de nitrógeno y fósforo presentan concentraciones por encima de los límites recomendables establecidos en las tablas 2 y 5, por lo que se puede decir que la muestra patrón sí presenta contaminación debido al exceso de nutrientes. Además, se evidencia que el agua que se utiliza para cultivar el camarón es excesivamente dura.

Cuadro 1. Análisis físico-químico del agua del estero Jujanal (muestra patrón) antes de la aplicación de bioabono y de la validación del BIO2-H, durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera. (Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, 2004).

Parámetros	Unidades	Muestra Patrón
pH		7,1
Oxígeno Disuelto	mg/L	4,81
Salinidad	%	27,3
Temperatura	°C	24
Dureza	mg/L CaCO ₃	254922,3
DBO5	mg/L	16,09
Amonio	mg/L	0,1692
Nitrito	mg/L	0,03
Nitrato	mg/L	0,013
Fosfato	mg/L	0,613
Silicato	mg/L	10,24
Ca*	mg/L	385,6
Mg*	mg/L	699,4
Na*	mg/L	8932,3
K*	mg/L	322,92

* Estos análisis fueron realizados en el INIAP de Quevedo.

En el Cuadro 2 se encuentran los datos tomados luego de la aplicación del bioabono. Los datos más significativos son la disminución drástica de la DBO5 con relación a la muestra patrón y el aumento considerable de pH (bioabono hace al agua más básica). Los niveles de amonio y nitrito se elevan por encima de los límites permisibles debido al alto contenido de nitrógeno en el bioabono, mientras que los de fosfato se reducen por debajo de los límites recomendables (tablas 2 y 5).

Cuadro 2. Análisis físico-químico del agua realizado 6 días después de aplicar el bioabono, antes de la validación del producto comercial BIO2-H, durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en agua de camaroneras. (Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, 2004).

Parámetros	Unidades	Con bioabono sin camarones			
		Testigo	Dosis 1 (3g)	Dosis 2 (6g)	Dosis 3 (9g)

pH		8,65	7,91	8,04	8,46
Oxígeno Disuelto	mg/L	5,08	4,67	5,35	5,17
Salinidad	%	29,22	29,11	29,4	29,17
Temperatura	°C	26,1	26,7	26	26,1
Dureza	mg/L CaCO₃	254922,3	250019,95	225508,19	230410,54
DBO5	mg/L	7,03	5,21	5,53	5,53
Amonio	mg/L	0,1692	1,413	1,702	1,3076
Nitrito	mg/L	0,03	0,077	0,065	0,073
Nitrato	mg/L	0,013	0,00062	0,029	0,01049
Fosfato	mg/L	0,613	0,096	0,0767	0,083
Silicato	mg/L	10,24	6,863	8,6756	6,1824
Ca	mg/L	385,6	354	375,6	388,8
Mg	mg/L	699,4	576,6	658,44	662,16
Na	mg/L	8932,3	8605,45	9089,83	99891,26
K	mg/L	322,92	313,95	303,81	316,68

El Cuadro 3 contiene los datos tomados luego de la aplicación de bioabono y de la siembra de camarones. Se evidencia una disminución de pH con respecto a la muestra patrón, lo que indica que la presencia de camarones produce un ambiente más ácido; un incremento en la DBO5, lo cual puede ser producto de la liberación de desechos por parte de los camarones (excepto en la dosis 1) y la disminución significativa del nivel de oxígeno disuelto en la dosis 1, con respecto a las otras dosis y al testigo (incluso por debajo del límite establecido en la tabla 2).

Cuadro 3. Análisis físico-químico del agua realizado 15 días luego de la aplicación del bioabono y 9 días después de sembrados los camarones, durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en agua de camaroneras. (Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, 2004).

Parámetros	Unidades	Con bioabono con camarones			
		Testigo	Dosis 1	Dosis 2	Dosis 3

			(3g)	(6g)	(9g)
pH		6,86	6,6	6,47	6,49
Oxígeno Disuelto	mg/L	5,73	3,61	5,33	5,42
Salinidad	%	30,18	30,02	30,22	30,1
Temperatura	°C	24,4	24,33	24,3	24,43
Dureza	mg/L CaCO₃	236538,48	245117,6	220605,84	225508,19
DBO5	mg/L	10,63	2,93	19,53	13,02
Amonio	mg/L	0,121	0,0864	0,1512	0,0774
Nitrito	mg/L	0,098	0,11316	0,14168	0,1081
Nitrato	mg/L	0,004025	0,00062	0,00124	0,00124
Fosfato	mg/L	0,3919	0,21565	0,48925	0,2498
Silicato	mg/L	3,664	1,7572	1,6376	1,0212
Ca	mg/L	377,7	355,2	406,8	363,2
Mg	mg/L	1464,82	1594,92	2022,72	1542,24
Na	mg/L	5819,5	4920,16	4197,7	5227,9
K	mg/L	327	311,22	340,8	333,06

El Cuadro 4 muestra los resultados obtenidos luego de la aplicación de bioabono, la siembra de camarones y la inoculación de bacterias desnitrificantes. Esta medida fue realizada 20 días después de aplicar el BIO2-H. En este cuadro se aprecia que el pH tiende a neutralizarse con relación al cuadro anterior, aunque esto no puede ser atribuido a la acción de las bacterias, ya que en el testigo se advierte el mismo comportamiento. En contraste con el Cuadro 3, se observa que los valores de oxígeno disuelto y DBO5 en la dosis 1 se elevaron en mayor proporción y muy por encima del nivel del testigo y de las otras dosificaciones (de 3,61 a 6,11 mg/L; y de 2,93 a 19,53 mg/L, respectivamente), lo que puede indicar que la dosis 1 estimula de mejor manera el consumo de alimento por parte de los camarones y al mismo tiempo mantiene el oxígeno disuelto con el nivel más alto de todos (incluido el testigo).

Cuadro 4. Análisis físico-químico del agua con bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes (20 días después de la primera aplicación de BIO2-H), realizado durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en aguas de camaronera. (Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, 2004).

Parámetros	Unidades	Con bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes			
		Testigo	Dosis 1 (0,5 ml)	Dosis 2 (1 ml)	Dosis 3 (2 ml)
pH		7,1	7,2	7,16	7,19
Oxígeno Disuelto	mg/L	5,42	6,11	5,53	5,57
Salinidad	%	28,83	28,83	28,9	28,5
Temperatura	°C	25,26	25	25	25,6
Dureza	mg/L CaCO ₃	245117,6	220605,84	225508,19	225508,19
DBO5	mg/L	2,93	19,53	13,02	13,02
Amonio	mg/L	0,09	0,0864	0,1512	0,0774
Nitrito	mg/L	0,097	0,11316	0,1421	0,1081
Nitrato	mg/L	0,00124	0,00062	0,00124	0,00124
Fosfato	mg/L	0,21565	0,21565	0,48925	0,24985
Silicato	mg/L	3,118	1,7572	1,6376	1,0212
Ca	mg/L	364,8	363,8	339,2	643,2
Mg	mg/L	1669,68	1333,2	1370,88	170,88
Na	mg/L	4576,31	4204,63	5129,46	541,65
K	mg/L	322,14	257,4	290,16	580,32

El cuadro 5 muestra los resultados obtenidos en el último análisis, es decir, 45 días después de la inoculación de las bacterias. Los datos más relevantes de este cuadro son los de la dureza, los cuales se elevan de manera impresionante en las dosificaciones, con relación al cuadro anterior. Se puede concluir, entonces, que la muerte de los camarones contribuye a incrementar el nivel de dureza sólo en los diques dosificados, ya que la dureza en el testigo se mantiene constante.

Cuadro 5. Análisis físico-químico del agua con bioabono camarones y bacterias desnitrificantes (45 días después de la primera aplicación de BIO2-H), realizado durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en aguas de camaronera (Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, 2004).

Parámetros	Unidades	Con bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes			
		Testigo	Dosis 1 (0,5 ml)	Dosis 2 (1 ml)	Dosis 3 (2 ml)
pH		7,45	7,6	7,83	7,49
Oxígeno Disuelto	mg/L	4,86	5,16	4,91	4,22
Salinidad	%	31,2	31,6	31,3	31,86
Temperatura	°C	23,5	23,33	22,96	23,03
Dureza	mg/L CaCO ₃	245117,6	1274611,5	1357951,5	1343244,5
DBO5	mg/L	2,93	11,31	15,08	12,57
Amonio	mg/L	0,0504	0,0702	0,0684	0,0414
Nitrito	mg/L	0,10994	0,0929	0,12742	0,22402
Nitrato	mg/L	0,00992	0,00434	0,00062	0,03224
Fosfato	mg/L	0,24035	0,3648	0,30685	0,1539
Silicato	mg/L	0,8924	3,312	1,3064	1,5824
Ca	mg/L	378,43	364,65	376,8	445,2
Mg	mg/L	1133,325	1051,03	1187,86	205,34
Na	mg/L	5197,9	4562,39	4663,58	420,32
K	mg/L	324,57	284,31	315,48	456,69

9.2 ANÁLISIS DEL FITOPLANCTON.

Los Histogramas de Frecuencias de las poblaciones fitoplanctónicas más relevantes durante el ensayo se encuentran en el Anexo 1.

El Cuadro 6 contiene los resultados del análisis de Fitoplancton del estero Jujanal (muestra patrón). Se evidencia una presencia altísima de especies del género *Oscillatoriaceae*, las cuales según la Dra. Marita Monserrate, bióloga al servicio de POLIDISA (empresa que comercializa el BIO2-H en el Ecuador), representan una amenaza para el camarón por ser consideradas tóxicas en altas concentraciones (el límite máximo recomendable para algas verde-azules es de 40000000 cel /L). Además, se evidencia una presencia muy pobre de diatomeas, ya que su valor mínimo recomendable es de 20000000 cel /L.

Cuadro 6. Análisis Cualitativo-Cuantitativo de Fitoplancton del agua del estero Jujanal (muestra patrón) realizado antes de la aplicación de bioabono y antes de la validación del BIO2-H, durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, 2004).

		Muestra Patrón
	<i>CYANOPHYTA</i>	
	<i>CYANOPHYCEAE</i>	(Cel / L)
	<i>Nostocaceae</i>	
1	<i>Anabaena unisporea</i> Gardner	20000
	<i>Oscillatoriaceae</i>	
2	<i>Oscillatoria trichoides</i> Szafer	46400000
3	<i>Oscillatoria willei</i> Gardner em. Drouet	20000
4	<i>Oscillatoria limosa</i> Ag. (after Gomont)	20000
5	<i>Spirulina gigantea</i> Schmidle after Skuja	20000
	Total	46480000
	<i>CROMOPHYTA</i>	
	<i>BACILLARIOPHYCEAE</i>	
	<i>Acnanthaceae</i>	
6	<i>Cocconeis distans</i> Gregory	20000
	<i>Naviculaceae</i>	
7	<i>Navicula bombus</i> (Ehrenberg) Kützing	20000
8	<i>Navicula coffeaeformis</i> A.S.	20000
9	<i>Navicula transitrans</i> var. <i>derasa</i> (Grunow, in Cleve & Grunow) Cleve	40000
10	<i>Navicula</i> sp.	20000
11	<i>Pleurosigma strigosum</i> Wm, Smith	20000
	<i>Cymbellaceae</i>	
12	<i>Amphora ovalis</i> Kütz	20000
13	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson in Kützing) Ralfs in Pritchard	20000
	Total	180000
	TOTAL	46660000

En el Cuadro 7 se presentan los resultados del análisis de Fitoplancton luego de la aplicación del bioabono, pero sólo con respecto al Phylum *Cyanophyta*. Únicamente la tercera dosis muestra un incremento en la población comparada con la muestra patrón (Cuadro 6), lo cual se puede atribuir a la mayor cantidad de bioabono aplicada a los diques de esta dosificación. Las dosis 1 y 2 muestran una disminución en la cantidad de algas con relación a la muestra patrón, llegando a ubicarse dentro del rango recomendable.

Cuadro 7. Análisis Cualitativo-Cuantitativo de Fitoplancton (Phylum *Cyanophyta*) del agua realizado 6 días después de aplicar el bioabono, antes de la validación

del BIO2-H, durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, 2004).

		Con bioabono sin camarones			
		Testigo	Dosis 1 (3g)	Dosis 2 (6g)	Dosis 3 (9g)
	CIANOPHYTA CYANOPHYCEAE	(Cel / L)	(Cel / L)	(Cel / L)	(Cel / L)
	<i>Nostocaceae</i>				
1	<i>Anabaena unispota</i> Gardner	20000	10000	10000	
2	<i>Anabaena torulosa</i> (Carm.) Lagerh ex. Born et. Flah			10000	10000
	<i>Oscillatoriaceae</i>				
3	<i>Oscillatoria amphigranulata</i> Van Goor		2000000	2000000	10000000
4	<i>Oscillatoria limnetica</i> Lemm		10000000	8000000	10000000
5	<i>Oscillatoria pseudogeminata</i> Schmid		21000000	18000000	30000000
6	<i>Oscillatoria trichoides</i> Szafer	46400000			
7	<i>Oscillatoria willei</i> Gardner em. Drouet	20000			
8	<i>Oscillatoria limosa</i> Ag. (after Gomont)	20000	10000		
9	<i>Spirulina gigantea</i> Schmidle after Skuja	20000			
10	<i>Spirulina laxissima</i> West, G.S.		50000	60000	300000
	Total	46480000	33070000	28080000	50310000

El Cuadro 8 presenta los resultados del análisis de Fitoplancton del agua luego de la aplicación del bioabono, pero sólo con respecto al Phylum *Cromophyta*. Se advierte que la dosis 1 cuenta con una población nula de microorganismos, lo cual puede ser consecuencia de la pequeña dosis de bioabono aplicada. Ninguna dosis muestra una población de diatomeas por encima del límite mínimo recomendable (20 millones cel/L)

Cuadro 8. Análisis Cualitativo de Fitoplancton (Phylum *Cromophyta*) del agua realizado 6 días después de la aplicación de bioabono, antes de la validación del BIO2-H, durante el ensayo de validación del producto comercial

BIO2-H en el agua de camarón (Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, 2004).

		Con bioabono sin camarones			
		Testigo	Dosis 1 (3g)	Dosis 2 (6g)	Dosis 3 (9g)
	<i>CROMOPHYTA BACILLARIOPHYCEAE</i>	(Cel/ L)	(Cel/ L)	(Cel/ L)	(Cel /L)
	<i>Coscinodiscaceae</i>				
1	<i>Coscinodiscus sp.</i>				10000
2	<i>Cocconeis distans</i> Greogory	20000		10000	
3	<i>Navicula minuscula</i>			10000	
4	<i>Navicula bombus</i> (Ehrenberg) Kützing	20000			
5	<i>Navicula coffeaeformis</i> A.S.	20000			
6	<i>Navicula transitrans</i> var. <i>derasa</i> (Grunow, in Cleve & Grunow) Cleve	40000			
7	<i>Navicula sp.</i>	20000			
8	<i>Pleurosigma strigosum</i> Wm, Smith	20000			
	<i>Cymbellaceae</i>				
9	<i>Amphora ovalis</i> Kütz	20000			
	Total	160000	0	20000	10000

El Cuadro 9 contiene los resultados del análisis de Fitoplancton del agua luego de la aplicación del bioabono y la siembra de los camarones, pero sólo con respecto al Phylum *Cianophyta*. Como se puede apreciar, la población de fitoplancton en el testigo se reduce con relación al cuadro 7, lo cual demuestra que estos microorganismos pueden ser considerados como una fuente de alimento para el camarón. Únicamente la dosis 1 muestra un aumento en la población de dichos microorganismos, indicando que la primera dosis de bioabono estimula negativamente el consumo de los individuos de esta clase. Por el contrario, en la dosis 3 la población disminuye en más de la mitad con respecto al cuadro 7

(incluso por debajo del rango recomendable), lo que indica que la tercera dosis es la que más contribuye al consumo de algas verde-azules por parte del camarón.

Cuadro 9. Análisis Cualitativo-Cuantitativo de Fitoplancton (Phylum *Cyanophyta*) del agua realizado 15 días después de aplicar el bioabono y 9 días después de sembrar los camarones, durante la validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, 2004).

		Con bioabono con camarones			
		Testigo	Dosis 1 (3g)	Dosis 2 (6g)	Dosis 3 (9g)
	<i>CYANOPHYTA CYANOPHYCEAE</i>	(Cel/ L)	(Cel/ L)	(Cel/ L)	(Cel/ L)
	<i>Oscillatoriaceae</i>				
1	<i>Oscillatoria limnetica</i> Lemm	1000000	8000000	4000000	1000000
2	<i>Oscillatoria pseudogeminata</i> Schmid	20000000	28000000	24000000	22000000
3	<i>Spirulina laxissima</i> West, G.S.	10000	20000		20000
	Total	21010000	36020000	28000000	23020000

En el Cuadro 10 se observan los datos del análisis de Fitoplancton (Phylum *Cromophyta*), tomados después de aplicar el bioabono y sembrar los camarones. Se advierte que la siembra de camarones produjo un súbito aumento en la población de diatomeas con respecto a los valores del Cuadro 8, tanto en el testigo como en las dosificaciones. El dato más relevante es el de la dosis 1, ya que se produjo un florecimiento muy acelerado de diatomeas a pesar de que originalmente había ausencia de estos microorganismos. Sin embargo, todos los valores están muy lejos todavía de llegar al límite recomendable.

Cuadro 10. Análisis Cualitativo-Cuantitativo de Fitoplancton (Phylum *Cromophyta*) del agua realizado 15 días después de aplicar el bioabono y 9 días después de sembrar los camarones, durante el ensayo de validación del producto

comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, 2004).

		Con bioabono con camarones			
		Testigo	Dosis 1 (3g)	Dosis 2 (6g)	Dosis 3 (9g)
	CROMOPHYTA BACILLARIOPHYCEAE	(Cel/ L)	(Cel/ L)	(Cel/ L)	(Cel/ L)
	Melosiraceae				
1	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve		10000		
2	<i>Cyclotella bodanica</i> Müller				10000
	Acnanthaceae				
6	<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg	20000	10000	10000	
	Naviculaceae				
7	<i>Navicula hamulifera</i>				10000
8	<i>Navicula minuscula</i> Grunow	300000	10000		200000
9	<i>Navicula coffeaeformis</i> A.S.		10000	10000	
10	<i>Navicula transitrans</i> var. <i>derasa</i> (Grunow, in Cleve & Grunow) Cleve				
11	<i>Navicula</i> sp.			10000	10000
12	<i>Pleurosigma attenuatum</i> K.W.Smith		10000		
13	<i>Pleurosigma</i> sp.		10000		
	Cymbellaceae				
14	<i>Amphora ovalis</i> Kütz			10000	
15	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson in Kützling) Ralfs in Pritchard	300000	2200000	300000	300000
	Total	620000	2260000	340000	530000

El Cuadro 11 muestra los resultados obtenidos del análisis de Fitoplancton (Phylum *Cyanophyta*) luego de la aplicación de bioabono, de la siembra de camarones y de la inoculación de bacterias desnitrificantes. En este cuadro se advierte un “bloom” de florecimiento de algas verde-azules del género *Nostocaceae*, luego de haber estado ausentes en el Cuadro 9. Además, se muestra una disminución notable de la población de *Oscillatoriaceae*, lo cual se produce en mayor proporción en las dosificaciones que en el testigo. Por lo tanto, se puede decir que la inoculación de bacterias desnitrificantes ayuda a reducir los niveles de *Oscillatoriaceae*.

Cuadro 11. Análisis Cualitativo-Cuantitativo de Fitoplancton (Phylum *Cyanophyta*) del Agua con bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes (realizado 20 días después de la primera aplicación del BIO2-H), durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, 2004).

		Con bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes			
		Testigo	Dosis 1 (0,5 ml)	Dosis 2 (1 ml)	Dosis 3 (2 ml)
	<i>CYANOPHYTA</i> <i>CYANOPHYCEAE</i>	(Cel/ L)	(Cel/ L)	(Cel/ L)	(Cel/ L)
	<i>Nostocaceae</i>				
1	<i>Pseudo anabaena catenata</i> Lauterborn	16762000	18496000	16184000	16039500
2	<i>Raphidiopsis curvata</i> Fritsch and Rich	10000		10000	20000
	<i>Oscillatoriaceae</i>				
3	<i>Oscillatoria limnetica</i> Lemm	2312000	1445000	1734000	1156000
4	<i>Oscillatoria trichoides</i> Szafer	6069000	8959000	12716000	6936000
	Total	25153000	28900000	30644000	24151500

El Cuadro 12 muestra los resultados obtenidos del análisis de Fitoplancton (Phylum *Cromophyta*) luego de la aplicación de bioabono, la siembra de camarones y la inoculación de bacterias desnitrificantes. En este cuadro se advierte que la cantidad de microorganismos se reduce en el testigo y en las dosificaciones con relación al cuadro 10, siendo la dosis 1 la que muestra una mayor disminución. Por tanto, se puede decir que la primera dosis (0,5 mg/L) es la que más estimula el consumo de diatomeas por parte del camarón.

Cuadro 12. Análisis Cualitativo-Cuantitativo de Fitoplancton (Phylum *Cromophyta*) del agua con bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes (realizado 20 días después de la primera aplicación del BIO2-H), durante el ensayo de

validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, 2004).

		Con bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes			
		Testigo	Dosis 1 (0,5 ml)	Dosis 2 (1 ml)	Dosis 3 (2 ml)
	CROMOPHYTA BACILLARIOPHYCEAE	(Cel/L)	(Cel/L)	(Cel/L)	(Cel/L)
	<i>Melosiraceae</i>				
1	<i>Paralia sulcata</i> Ehrenberg Kutzing		20000		
	<i>Naviculaceae</i>				
2	<i>Navícula Coffeaeformis</i> A.S.		10000		
3	<i>Navícula bombus var desestriata</i> A.S.		10000	10000	
4	<i>Navicula sp.</i>				10000
5	<i>Pleurosigma affine</i> Grun	10000		10000	10000
6	<i>Pleurosigma sp.</i>	10000			
	<i>Bacillariaceae</i>				
7	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Lewin & Reimann	500000	100000	210000	420000
8	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson in Kutzing) Ralfs in Pritchard				10000
9	<i>Nitzschia subcohaerens</i> Grun		10000		
	<i>Cymbellaceae</i>				
10	<i>Amphora sp.</i>	10000	30000		
	Total	530000	190000	230000	450000

En el Cuadro 13 se recopilan los datos del análisis de Fitoplancton (Phylum *Cianophyta*) luego de la aplicación de bioabono, la siembra de camarones y la inoculación de bacterias desnitrificantes (segunda medida). En este cuadro se observa que, una vez muertos los camarones, se incrementa la población de algas en las tres dosificaciones, demostrando que el camarón se alimenta de estos microorganismos. En la última dosis la población se eleva por encima del rango recomendable.

Cuadro 13. Análisis Cualitativo-Cuantitativo de Fitoplancton (Phylum *Cianophyta*) del agua con bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes (realizado 45 días después de la primera aplicación del BIO2-H), durante el ensayo de

validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, 2004).

		Con bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes		
		Dosis 1 (0,5 ml)	Dosis 2 (1 ml)	Dosis 3 (2 ml)
	CIANOPHYTA CYANOPHYCEAE	(Cel / L)	(Cel / L)	(Cel / L)
	<i>Nostocaceae</i>			
1	<i>Pseudo anabaena catenata</i> Lauterborn	14450000	17340000	17918000
2	<i>Anabaena torulosa</i> (Carm.) Lagerh ex. Born et. Flah	14450	14450	
3	<i>Raphidiopsis curvata</i> Fritsch and Rich			14450
	<i>Oscillatoriaceae</i>			
4	<i>Oscillatoria limnetica</i> Lemm	3468000	4335000	5202000
5	<i>Oscillatoria trichoides</i> Szafer	18496000	12716000	26010000
6	<i>Spirulina gigantea</i>	14450		
7	<i>Spirulina subsalsa</i>	14450		
8	<i>Spirulina laxissima</i> West, G.S.	14450	14450	14450
	Total	36471800	34419900	49158900

En el cuadro 14 se observan los resultados obtenidos del análisis de Fitoplancton (Phylum *Cromophyta*) del agua luego de la aplicación de bioabono, la siembra de camarones y la inoculación de bacterias desnitrificantes (segunda medida). En este cuadro se advierte que la cantidad de diatomeas se reduce en las dosis 2 y 3 con respecto al cuadro 12, mientras que en la dosis 1 éste número aumenta considerablemente, demostrando que ésta dosis es la que mejor estimula la alimentación del camarón a base de diatomeas.

Cuadro 14 Análisis Cualitativo-Cuantitativo de Fitoplancton (Phylum *Cromophyta*) del agua con bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes (realizado 45 días después de la primera aplicación del BIO2-H), durante el ensayo de

validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, 2004).

		Con bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes		
		Dosis 1 (0,5 ml)	Dosis 2 (1 ml)	Dosis 3 (2 ml)
	CROMOPHYTA BACILLARIOPHYCEAE	(Cel/L)	(Cel/L)	(Cel/L)
	<i>Thalassiosiraceae</i>			
9	<i>Cyclotella bodanica</i> Muller	14450		
10	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kutzing		14450	
	<i>Coscinodiscaceae</i>			
11	<i>Coscinodiscus</i> sp.	14450		
	<i>Naviculaceae</i>			
12	<i>Navicula coffeaeformis</i> A.S.	14450	14450	14450
13	<i>Navicula peregrina</i> (Ehr) Kutzing	86700	14450	
14	<i>Navicula transitrans</i> var. <i>Dersa</i> (Grunow, in Cleve & Grunow) Cleve	144500	14450	14450
15	<i>Navicula</i> sp.	86700	28900	
16	<i>Pleurosigma decorum</i> Wm. Smith			14450
17	<i>Pleurosigma</i> sp.			14450
	<i>Bacillariaceae</i>			
18	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Lewin & Reimann	101150	57800	28900
19	<i>Nitzschia</i> sp.		14450	
	<i>Cymbellaceae</i>			
20	<i>Cymbella cistula</i> Kutzing	28900		
	Total	491300	158950	86700
	TOTAL	36963100	34578850	49245600

9.3 ANÁLISIS DEL ZOOPLANCTON.

Los Histogramas de Frecuencias de los Crustáceos microscópicos más relevantes durante el ensayo se encuentran en el Anexo 1.

En el Cuadro 15 se muestran los resultados del análisis de Zooplancton del agua del estero Jujanal (Muestra Patrón). Se advierte sólo la presencia de Copépodos, la especie más beneficiosa para la alimentación del camarón.

Cuadro 15. Análisis Cualitativo de Zooplancton del agua del estero Jujanal (muestra patrón), realizado antes de la aplicación del bioabono y antes de la validación del BIO2-H, durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, 2004).

		Muestra Patrón
	<i>CRUSTACEOS</i>	
	<i>COPEPODOS</i>	(Org/m³)
1	<i>Pseudodiaptomus marshi</i> <i>Wright</i>	20
2	<i>Acartia tonsa</i> Dana	400
	<i>Copepodito</i>	
3	<i>Pseudodiaptomus sp.</i>	60
	<i>Nauplio</i>	
4	<i>Estadio I</i>	20
	TOTAL	500

En el cuadro 16 se muestran los resultados del análisis de Zooplancton en el agua luego de la aplicación de bioabono. Se evidencia que la aplicación de bioabono tuvo un impacto positivo en cuanto al aumento en la población de Copépodos en las dosis 1 y 3, el mismo que es mucho más notorio en la primera dosis a pesar de la menor cantidad de bioabono aplicada.

Cuadro 16. Análisis Cualitativo de Zooplancton del agua realizado 6 días después de la aplicación del bioabono, antes de la validación del BIO2-H,

durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, 2004).

		Con bioabono sin camarones			
		Testigo	Dosis 1 (3g)	Dosis 2 (6g)	Dosis 3 (9g)
	CRUSTACEOS COPEPODOS	(Org/m ³)	(Org/m ³)	(Org/m ³)	(Org/m ³)
	<i>Copépoda Calanoida</i>				
1	<i>Pseudodiaptomus marshi</i> Wright	25	60		
2	<i>Acartia tonsa</i> Dana	335	1540	280	600
	<i>Cyclopoida</i>				
3	<i>Oithona</i> cf. <i>Ovalis</i> Herbest				200
4	<i>Oithona rigida</i> Giesbrecht		80		
	<i>Copépoda Harpacticoida</i>				
5	<i>Euterpina acutifrons</i> Dana	10	20	20	100
	<i>Copepodito</i>				
6	<i>Paracalanus</i> sp.			10	60
7	<i>Acartia</i> sp.			20	
8	<i>Oithona</i> sp.	20		80	
	TOTAL	390	1700	410	960

El Cuadro 17 contiene los resultados del análisis de Zooplancton en el agua luego de la aplicación de bioabono y la siembra del camarón. La presencia de los camarones provoca un aumento en la población de crustáceos microscópicos en el testigo y en las dosis, a excepción de la dosis 1. La dosificación que presenta el mayor aumento proporcional en la población de zooplancton es la N° 3.

Cuadro 17. Análisis Cualitativo-Cuantitativo de Zooplancton del agua realizado 15 días después de la aplicación del bioabono y 9 días después de la siembra de

los camarones, durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, 2004).

		Con bioabono con camarones			
		Testigo	Dosis 1 (3g)	Dosis 2 (6g)	Dosis 3 (9g)
	CRUSTACEOS	(Org/m ³)	(Org/m ³)	(Org/m ³)	(Org/m ³)
	COPEPODOS				
	<i>Copépoda Calanoida</i>				
1	<i>Acartia tonsa</i> Dana	1055	1260	600	1960
	<i>Cyclopoida</i>				
2	<i>Oithona</i> cf. <i>Ovalis</i> Herbest	8	40	10	30
	<i>Copépoda Cyclopidae</i>				
3	<i>Cyclops</i> sp.			30	
	<i>Copépoda Harpacticoida</i>				
4	<i>Euterpina acutifrons</i> Dana			60	10
	<i>Copepodito</i>				
5	<i>Paracalanus</i> sp.	5		20	
6	<i>Nauplio</i> Estadio I			30	20
	CIRRIPEDO				
7	<i>Balanus</i> sp. (cypris)			4	
	DECAPODO				
8	<i>Brachyura zoea</i>			10	20
	TOTAL	1068	1300	764	2040

El Cuadro 18 muestra los resultados del análisis de Zooplancton en el agua luego de la aplicación de bioabono, la siembra de los camarones y la inoculación de bacterias desnitrificantes (primera medida). En todas las columnas se advierte una reducción proporcional del número de crustáceos microscópicos con respecto al cuadro anterior.

Cuadro 18. Análisis Cualitativo de Zooplancton del agua con bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes (realizado 20 días después de la

primera aplicación del BIO2-H), durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, 2004).

		Con bioabono, camarones y bacterias			
		Testigo	Dosis 1 (0,5 ml)	Dosis 2 (1 ml)	Dosis 3 (2 ml)
	CRUSTACEOS COPEPODOS	(Org/m ³)	(Org/m ³)	(Org/m ³)	(Org/m ³)
	<i>Copépoda Calanoida</i>				
1	<i>Acartia tonsa</i> Dana	150	460	200	1140
2	<i>Pseudodiaptomus marshi</i> Wright		60		100
	<i>Nauplio</i>				
3	<i>Estadio I</i>		40		
	DECAPODO				
4	<i>Zoea</i>		5		8
5	<i>Post Lava</i>		5		
6	<i>Brachyura zoea</i>		20		8
	TOTAL	210	590	200	1256

El Cuadro 19 muestra los resultados del análisis de Zooplancton en el agua luego de la aplicación de bioabono, la siembra de los camarones y la inoculación de bacterias desnitrificantes (segunda medida). Se observa un aumento en la población zooplanctónica (excepto en la dosis 3), lo cual puede ser consecuencia directa de la muerte de los camarones. El valor más relevante en este cuadro es el de la dosis 1, el cual es muy superior al resto, demostrando esta dosis contribuye al consumo de Copépodos por parte de los camarones.

Cuadro 19. Análisis Cualitativo-Cuantitativo de Zooplancton del agua con bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes (realizado 45 días después de la primera aplicación del BIO2-H), durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, 2004).

		Con bioabono, camarones y bacterias			
		Testigo	Dosis 1 (0,5 ml)	Dosis 2 (1 ml)	Dosis 3 (2 ml)
	CRUSTACEOS	(Org/m ³)	(Org/m ³)	(Org/m ³)	(Org/m ³)
	COPEPODOS				
1	<i>Pseudodiaptomus marshi</i> Wright		80	60	240
2	<i>Arcatia tonsa</i> Dana	715	1200	900	360
3	<i>Oithona</i> cf. <i>Ovalis</i> Herbst		20	20	
4	<i>Euterpina acutifrons</i> Dana		40	20	
	Copepodito				
5	<i>Pseudodiaptomus</i> sp.	40	20	40	
6	<i>Arcatia</i> sp.		20	20	20
	Nauplio				
7	<i>Estadio I</i>	20	20	20	
	DECAPODO				
8	<i>Estadio de larva</i>	1		4	
9	<i>Estadio de zoea</i>			4	
10	<i>Brachyura magalapa</i>			4	4
	TOTAL	776	1400	1092	524

9.4 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Los Histogramas de Frecuencias de las poblaciones de Coliformes Totales y Coliformes Fecales presentes durante el ensayo se encuentran en el Anexo 1.

En el Cuadro 20 se muestran los resultados del análisis microbiológico del agua del estero Jujanal (Muestra Patrón). Como se observa, todos los parámetros están dentro del rango aceptable.

Cuadro 20. Análisis Microbiológico del agua del estero Jujanal (muestra patrón) realizado antes de la aplicación de bioabono y antes de la validación del BIO2-H, durante el ensayo de validación del BIO2-H en el agua de camaronera (Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, 2004).

	Unidades	Parámetros Permisibles	Muestra Patrón
Coliformes Totales	NMP/ml	< 100 NMP/ml	23
Coliformes Fecales	NMP/ml	< 100 NMP/ml	15
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<i>Vibrio cholerae</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Hongos	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Aerobios Totales	UFC/ml	1000 UFC/ml	Ausencia

* NMP = Número más probable.

* UFC = Unidades formadoras de colonias.

En el cuadro 21 se muestran los resultados del análisis microbiológico del agua luego de la aplicación del bioabono. Se evidencia un notable aumento de coliformes totales tanto en el testigo como en la dosis N°1. La cantidad de coliformes fecales se reduce luego de la aplicación del bioabono.

Cuadro 21. Análisis Microbiológico del agua realizado 6 días después de la aplicación del bioabono y antes de la validación del BIO2-H, durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camarón (Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, 2004).

	Unidades	Parámetros permisibles	Con bioabono sin camarones			
			Testigo	Dosis 1 (3g)	Dosis 2 (6g)	Dosis 3 (9g)
Coliformes Totales	NMP/ml	< 100 NMP/ml	27	40	23	23
Coliformes Fecales	NMP/ml	< 100 NMP/ml	12	9	11	11
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<i>Vibrio cholerae</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Hongos	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Aeróbios Totales	UFC/ml	1000 UFC/ml	50	2000	80	120

* NMP = Número más probable.

* UFC = Unidades formadoras de colonias.

En el Cuadro 22 se presentan los resultados del análisis microbiológico del agua luego de la aplicación de bioabono y la siembra de camarones. Se evidencia que los valores de coliformes totales y coliformes fecales se elevan con respecto al cuadro anterior, lo cual puede ser consecuencia de la liberación de desechos orgánicos por parte del camarón. La dosis 1 muestra la cantidad más baja de coliformes fecales y totales, lo cual puede ser consecuencia de la menor cantidad de bioabono aplicada.

Cuadro 22. Análisis Microbiológico del agua realizado 15 días después de la aplicación del bioabono y 9 días después de la siembra de los camarones, durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, 2004).

	Unidades	Parámetros permisibles	Con bioabono con camarones			
			Testigo	Dosis 1 (3g)	Dosis 2 (6g)	Dosis 3 (9g)
Coliformes Totales	NMP/ml	< 100 NMP/ml	30	40	90	70
Coliformes Fecales	NMP/ml	< 100 NMP/ml	20	21	40	40
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<i>Vibrio cholerae</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Hongos	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Aeróbios Totales	ufc/ml	1000 UFC/ml	330	800	900	800

* NMP = Número más probable.

* UFC = Unidades formadoras de colonias.

El Cuadro 23 presenta los resultados del análisis microbiológico del agua luego de la aplicación del bioabono, la siembra del camarón y la inoculación de bacterias desnitrificantes (primera medida). Se advierte una reducción considerable en el número de coliformes fecales, tanto en el testigo como en las dosificaciones, siendo ésta mucho más notoria en la dosis 3. También se observa una reducción significativa de los coliformes

totales en la dosis N°2, lo que puede indicar que ésta dosis es la más efectiva para controlar el crecimiento poblacional de estos microorganismos.

Cuadro 23. Análisis Microbiológico del agua con bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes (realizado 20 días después de la primera aplicación del BIO2-H), durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, 2004).

	Unidades	Parámetros permisibles	Con bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes			
			Testigo	Dosis 1 (0,5 ml)	Dosis 2 (1 ml)	Dosis 3 (2 ml)
Coliformes Totales	NMP/ml	< 100 NMP/ml	40	70	40	70
Coliformes Fecales	NMP/ml	< 100 NMP/ml	7	15	7	9
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<i>Vibrio cholerae</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Hongos	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Aeróbios Totales	UFC/ml	1000 UFC/ml	330	800	900	800

* NMP = Número más probable.

* UFC = Unidades formadoras de colonias.

El Cuadro 24 presenta los resultados del análisis microbiológico del agua luego de la aplicación del bioabono, la siembra del camarón y la inoculación de bacterias desnitrificantes (segunda medida). Los valores contenidos en éste cuadro son muy similares a los del cuadro anterior, con la única diferencia de que el número de coliformes fecales se reduce en la dosis N°1, por lo que se puede decir que conforme avanza el

proceso de inoculación de bacterias la dosis 1 es la que funciona de manera más efectiva a la hora de controlar el crecimiento de la población de coliformes fecales.

Cuadro 24. Análisis Microbiológico del agua con bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes (realizado 45 días después de la primera aplicación del BIO2-H), durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, 2004).

	Unidades	Parámetros permisibles	Con bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes			
			Testigo	Dosis 1 (0,5 ml)	Dosis 2 (1 ml)	Dosis 3 (2 ml)
Coliformes Totales	NMP/mL	< 100 NMP/mL	35	70	70	70
Coliformes Fecales	NMP/mL	< 100 NMP/mL	7	9	7	9
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<i>Vibrio cholerae</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Hongos	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Aeróbios Totales	ufc/mL	1000 ufc/mL	330	800	900	800

* NMP = Número más probable.

* UFC = Unidades formadoras de colonias.

9.5 Niveles Totales de Compuestos Nitrogenados.

El Cuadro 25 y el Gráfico 1 muestran una comparación entre los niveles totales de compuestos nitrogenados en el agua de cultivo de camarón. De acuerdo a los resultados obtenidos en el cuadro se advierte que, luego de la inoculación de las bacterias, los compuestos nitrogenados disminuyen tanto en el testigo como en las dosificaciones (a excepción de la dosis N°3). Como se aprecia en el mismo cuadro, después de que los

camarones han muerto el nivel de nitrógeno en el testigo se reduce ligeramente, mientras que en las dosificaciones ésta reducción es mucho más notoria; por lo tanto, se puede concluir que la inoculación de BIO2-H sí ayuda a reducir los niveles de los compuestos de nitrógeno en el agua de cultivo de camarón.

Cuadro 25. Cuadro comparativo entre los niveles totales de compuestos nitrogenados en el agua de cultivo de camarón luego de sembrar los camarones y luego de inocular las bacterias desnitrificantes (medidas realizadas 20 y 45 días después de la primera aplicación del BIO2-H), durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

Con bioabono con camarones					
Parámetro	Unidades	Testigo	Dosis 1 (0,5 ml)	Dosis 2 (1 ml)	Dosis 3 (2 ml)
Amonio	mg/L	0,121	0,0864	0,1512	0,0774
Nitrito	mg/L	0,098	0,1132	0,14168	0,1081
Nitrato	mg/L	0,004	0,00062	0,00124	0,00124
TOTAL	mg/L	0,223	0,2002	0,2941	0,1867
Con bacterias desnitrificantes (primera medida)					
Amonio	mg/L	0,09	0,0864	0,1512	0,0774
Nitrito	mg/L	0,097	0,11316	0,1421	0,1081
Nitrato	mg/L	0,00124	0,00062	0,00124	0,00124
TOTAL	mg/L	0,1882	0,2002	0,2945	0,1867
Con bacterias desnitrificantes (segunda medida)					
Amonio	mg/L	0,0504	0,0702	0,0684	0,0414
Nitrito	mg/L	0,10994	0,0929	0,12742	0,22402
Nitrato	mg/L	0,00992	0,00434	0,00062	0,03224
TOTAL	mg/L	0,1703	0,1674	0,1964	0,2977

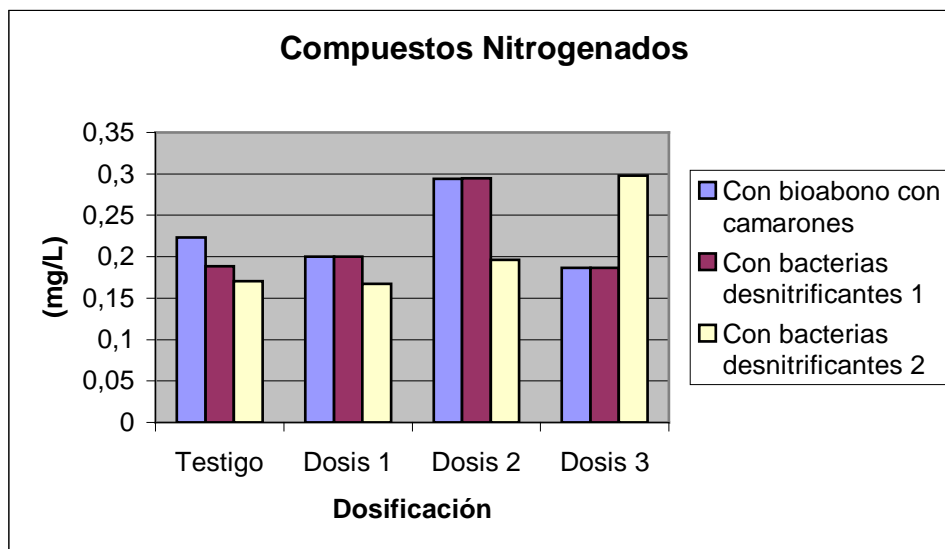


Gráfico 1. Comparación entre los niveles totales de compuestos nitrogenados en el agua de cultivo de camarón luego de la aplicación de bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes, durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

9.6 pH.

El Cuadro 26 y el Gráfico 2 muestran una comparación entre los valores de pH en el agua de cultivo de camarón luego de la aplicación de bioabono, la siembra de camarones y la inoculación de bacterias desnitrificantes. Según este cuadro se puede concluir que la muerte de los camarones produce un aumento en el pH del agua (más básica). La aplicación del BIO2-H parece no tener influencia significativa sobre éste parámetro, ya que el pH varía con las dosificaciones de la misma manera que varía en el testigo.

Cuadro 26. Cuadro comparativo entre los valores de pH en el agua de cultivo de camarón luego de sembrar los camarones e inocular las bacterias desnitrificantes (medidas realizadas 20 y 45 días después de la primera aplicación del BIO2-H), durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

pH				
Cuadro	Testigo	Dosis 1 (0,5 ml)	Dosis 2 (1 ml)	Dosis 3 (2 ml)
3	6,86	6,6	6,47	6,49
4	7,1	7,2	7,16	7,19
5	7,45	7,6	7,83	7,49

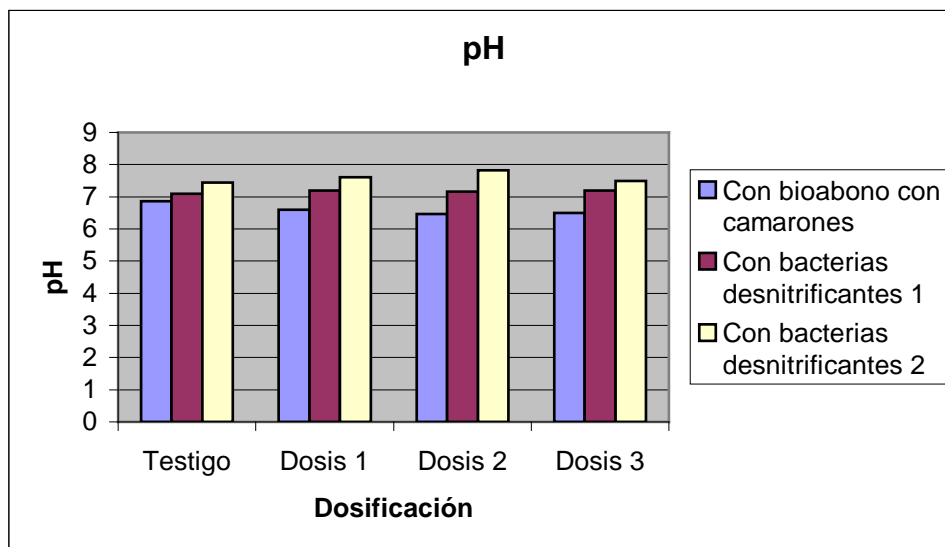


Gráfico 2. Comparación entre los niveles totales de pH en el agua de cultivo de camarón luego de la aplicación de bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes, durante la validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

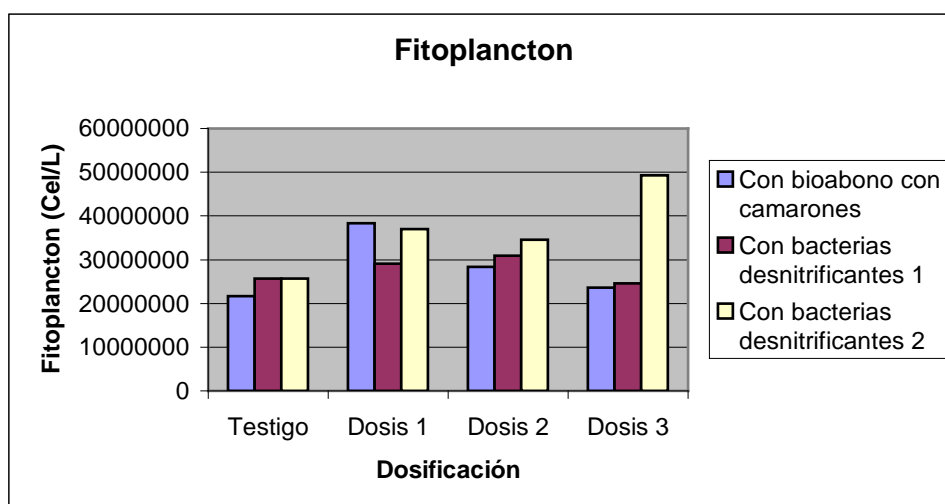
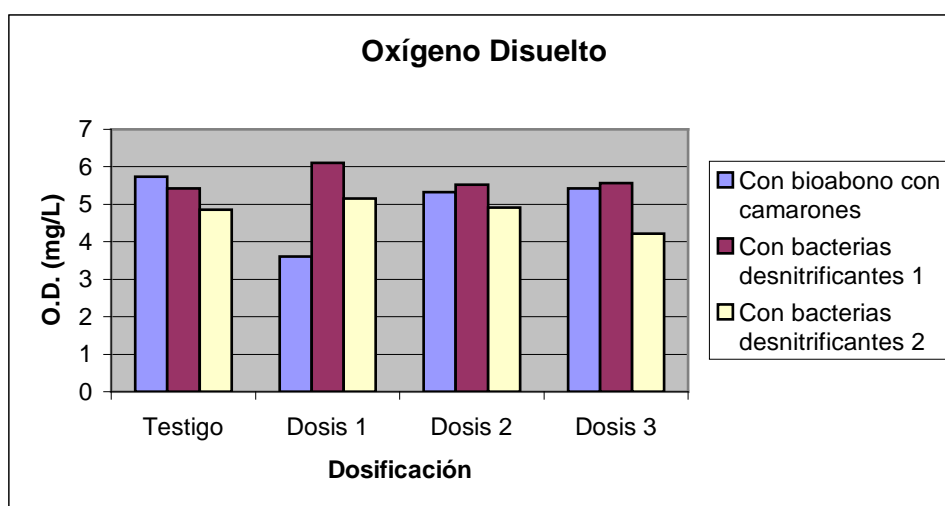
9.7 Niveles de Oxígeno Disuelto y la Variación de la población Fitoplanctónica.

El Cuadro 27 y los Gráficos 3 y 4 muestran una comparación entre la variación de los niveles de oxígeno disuelto y la variación de la población fitoplanctónica en el agua de cultivo de camarón luego de la aplicación de bioabono, la siembra de camarones y la

inoculación de bacterias desnitrificantes. Según el cuadro, se concluye que el nivel de oxígeno disuelto aumenta después de aplicar las bacterias desnitrificantes (Gráfico 3), alcanzando el mayor valor con la dosis N°1 (6,11 mg/L). Sin embargo, parece ser que éste parámetro está relacionado inversamente con la cantidad de individuos fitoplanctónicos, lo cual pudo influir en dicho valor (Gráficos 3 y 4). Por otro lado, este cuadro sugiere que la muerte de los camarones induce a la reducción del nivel de oxígeno disuelto, en donde, sin embargo, la primera dosificación mantiene el valor más alto de todos.

Cuadro 27. Cuadro comparativo entre la variación de los niveles de Oxígeno Disuelto y la variación de la población fitoplanctónica en el agua de cultivo de camarón luego de sembrar los camarones e inocular las bacterias desnitrificantes (medidas realizadas 20 y 45 días después de la primera aplicación del BIO2-H), durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

Oxígeno Disuelto (mg/L)				
Cuadro	Testigo	Dosis 1 (0,5 ml)	Dosis 2 (1 ml)	Dosis 3 (2 ml)
3	5,73	3,61	5,33	5,42
4	5,42	6,11	5,53	5,57
5	4,86	5,16	4,91	4,22
Fitoplancton (Cel/L)				
Cuadro	Testigo	Dosis 1 (0,5 ml)	Dosis 2 (1 ml)	Dosis 3 (2 ml)
8	21630000	38280000	28340000	23550000
9	25683000	29090000	30874000	24601500
10		36963100	34578850	49245600



Gráficos 3 y 4. Comparación entre los niveles de oxígeno disuelto y cantidad de fitoplancton en el agua de cultivo de camarón luego de la aplicación de bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes, durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

9.8 Niveles de Dureza.

El Cuadro 28 y el Gráfico 5 muestran una comparación entre los niveles de dureza del agua de cultivo de camarón luego de la aplicación de bioabono, la siembra de camarones y la inoculación de bacterias desnitrificantes. Según este cuadro se concluye que la inoculación de bacterias desnitrificantes en los diques puede contribuir a elevar la dureza del agua una vez que han muerto los camarones, ya que en el testigo el nivel de dureza se mantiene constante (Gráfico 5). En el Cuadro 28 se observa también que el aumento de la dureza del agua no influye significativamente en el nivel de pH, ya que éste último se mantiene relativamente constante en el testigo y en los diques dosificados.

Cuadro 28. Cuadro comparativo de los niveles de dureza del agua de cultivo de camarón luego de la siembra de camarones y la inoculación de bacterias desnitrificantes (medidas realizadas 20 y 45 días después de la primera aplicación del BIO2-H), y su relación con el pH (Pedernales, Manabí, 2004).

Dureza (mg/L CaCO ₃)				
Cuadro	Testigo	Dosis 1 (0,5 ml)	Dosis 2 (1 ml)	Dosis 3 (2 ml)
3	236538,5	245117,6	220605,8	225508,2
4	245117,6	220605,8	225508,2	225508,2
5	245117,6	1274611,5	1357951,5	1343244,5
pH				
5	7,45	7,6	7,83	7,49

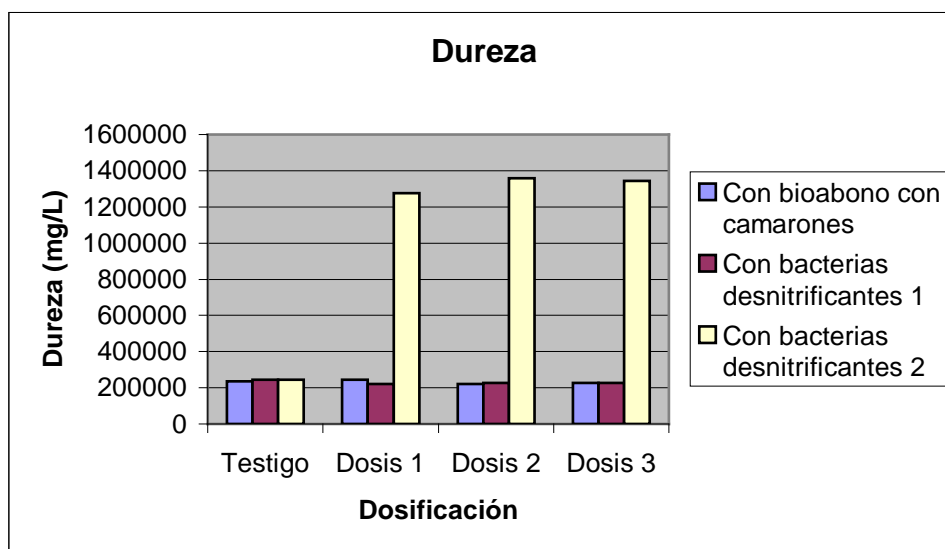


Gráfico 5. Comparación entre los niveles de Dureza del agua de cultivo de camarón luego de la aplicación de bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes, durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

9.9 DBO

El Cuadro 29 y el Gráfico 6 muestran una comparación entre la variación en los niveles de DBO5 y la variación de la población fitoplanctónica en el agua de cultivo de camarón luego de la aplicación de bioabono, la siembra de camarones y la inoculación de

bacterias desnitrificantes. Los valores de la DBO en este cuadro reflejan una marcada variación entre los datos del Cuadro 4 con respecto a los datos anteriores (a excepción de la dosis N°3); éste cambio en la DBO es inversamente proporcional a la variación en la población de fitoplancton, ya que aumenta conforme baja la población planctónica y viceversa, sobre todo en la dosis 1. Se puede decir entonces que la DBO es una función de la materia orgánica que se adiciona al dique producto de la defecación del camarón (luego de consumir el fitoplancton) o del mismo índice de mortalidad del fitoplancton. Además, según el Gráfico 6 se concluye que, una vez muertos los camarones, la dosis N°1 reduce en mayor cantidad la DBO (casi hasta llegar al límite permisible), disminuyendo en mayor proporción el riesgo de contaminación de otros cauces cuando se haga el recambio de agua.

Cuadro 29. Cuadro comparativo entre la variación en los niveles de DBO5 y la variación de la población fitoplanctónica en el agua de cultivo de camarón luego de la siembra de camarones y la inoculación de bacterias desnitrificantes (medidas realizadas 20 y 45 días después de la primera aplicación del BIO2-H), durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera.(Pedernales, Manabí, 2004).

DBO5 (mg/L)				
Cuadro	Testigo	Dosis 1 (0,5 ml)	Dosis 2 (1 ml)	Dosis 3 (2ml)
3	10,63	2,93	19,53	13,02
4	2,93	19,53	13,02	13,02
5	2,93	11,31	15,08	12,57
Fitoplancton (Cel/L)				
Cuadro	Testigo	Dosis 1 (0,5 ml)	Dosis 2 (1ml)	Dosis 3 (2ml)
8	21630000	38280000	28340000	23550000
9	25683000	29090000	30874000	24601500
10		36963100	34578850	49245600

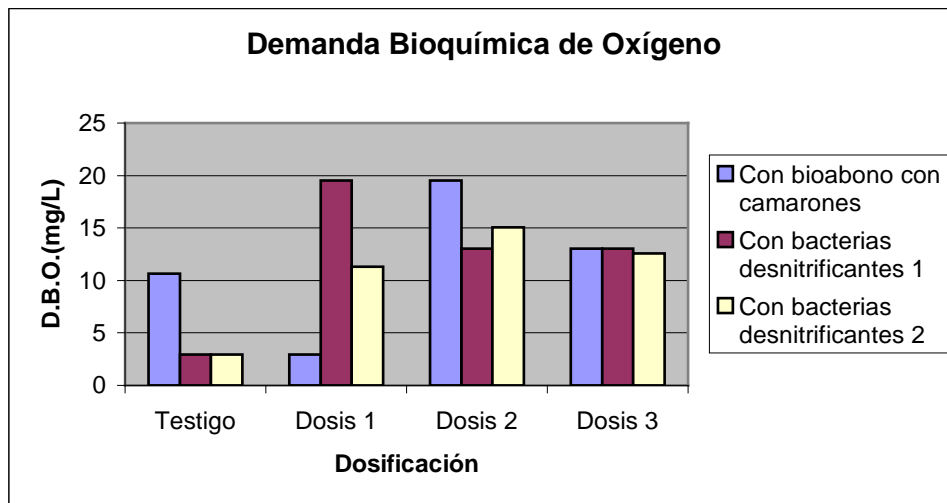


Gráfico 6. Comparación entre los niveles de DBO en el agua de cultivo de camarón luego de la aplicación de bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes, durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

9.10 Comparación entre los niveles de compuestos nitrogenados.

El Cuadro 30 y los Gráficos 7 y 8 muestran una comparación entre los niveles de compuestos nitrogenados en el agua de cultivo de camarón luego de la aplicación de bioabono, la siembra de camarones y la inoculación de bacterias desnitrificantes. En este

cuadro se advierte que sólo la dosis 1 logra mantener eficientemente el nivel de transformación de amonio y nitrito a nitrato. En la dosis 3 también se advierte una reducción del amonio y un aumento considerable del nitrato, pero el nivel de nitrito se incrementa hasta casi superar el límite permisible (Gráficos 7 y 8), por lo que se concluye que la dosis 1 logra los mejores resultados al convertir de manera efectiva los compuestos tóxicos en el agua en compuestos favorables para el camarón, en el mismo período de tiempo.

Cuadro 30. Cuadro comparativo entre los niveles de los compuestos de nitrógeno en el agua de cultivo de camarón luego de la siembra de camarones, y la inoculación de bacterias desnitrificantes (medidas realizadas 20 y 45 días después de la primera aplicación del BIO2-H), durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

Con bioabono con camarones					
Parámetro	Unidades	Testigo	Dosis 1 (0,5 ml)	Dosis 2 (1 ml)	Dosis 3 (2 ml)
Amonio	mg/L	0,121	0,0864	0,1512	0,0774
Nitrito	mg/L	0,098	0,11316	0,14168	0,1081
Nitrato	mg/L	0,004025	0,00062	0,00124	0,00124
Con bacterias desnitrificantes (primera medición)					
Amonio	mg/L	0,09	0,0864	0,1512	0,0774
Nitrito	mg/L	0,097	0,11316	0,1421	0,1081
Nitrato	mg/L	0,00124	0,00062	0,00124	0,00124
Con bacterias desnitrificantes (segunda medición)					
Amonio	mg/L	0,0504	0,0702	0,0684	0,0414
Nitrito	mg/L	0,10994	0,0929	0,12742	0,22402
Nitrato	mg/L	0,00992	0,00434	0,00062	0,03224

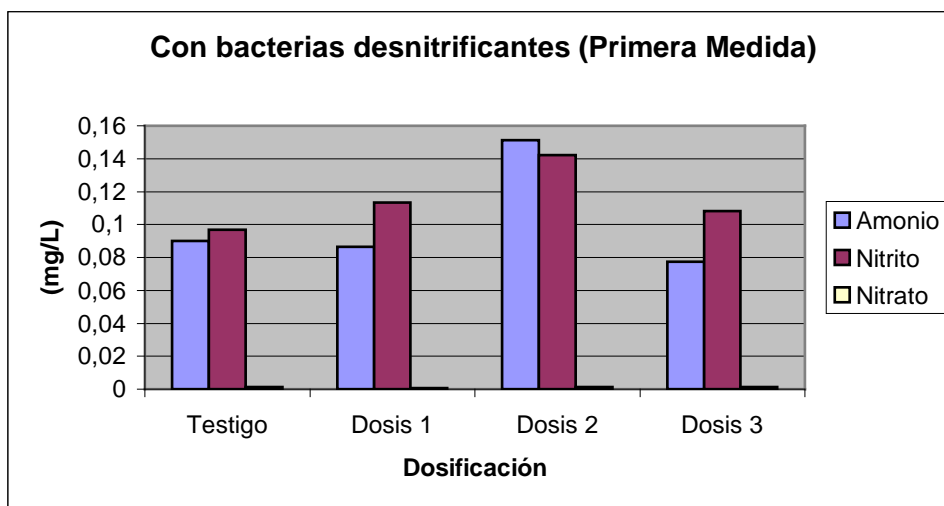


Gráfico 7. Comparación entre los niveles de los compuestos de nitrógeno en el agua de cultivo de camarón 20 días luego de la primera aplicación de bacterias desnitrificantes, durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

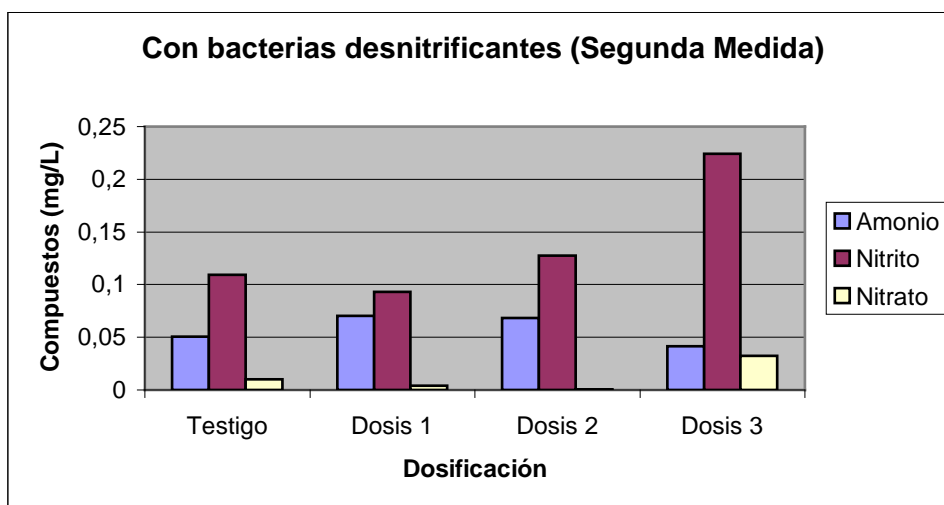


Gráfico 8. Comparación entre los niveles de los compuestos de nitrógeno en el agua de cultivo de camarón 45 días luego de la primera aplicación de bacterias desnitrificantes, durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

9.11 Fosfato.

El Cuadro 31 y el Gráfico 9 muestran una comparación entre los niveles de Fosfato en el agua de cultivo de camarón luego de la aplicación de bioabono, la siembra de camarones y la inoculación de bacterias desnitrificantes. Según el cuadro se concluye que, a pesar de la muerte de los camarones, la inoculación de bacterias desnitrificantes reduce los niveles de fosfato (excepto con la dosis N°1); sin embargo, sólo la dosis 3 logra reducir el nivel de fosfato por debajo del límite recomendable.

Cuadro 31. Cuadro comparativo de los niveles de Fosfato en el agua de cultivo de camarón luego de la siembra de los camarones y la inoculación de bacterias desnitrificantes (medidas realizadas 20 y 45 días después de la primera aplicación del BIO2-H), durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

Fosfato (mg/L)				
Cuadro	Testigo	Dosis 1 (0,5 ml)	Dosis 2 (1 ml)	Dosis 3 (2ml)
3	0,3919	0,21565	0,48925	0,2498
4	0,21565	0,21565	0,48925	0,2498
5	0,24035	0,3648	0,30685	0,1539

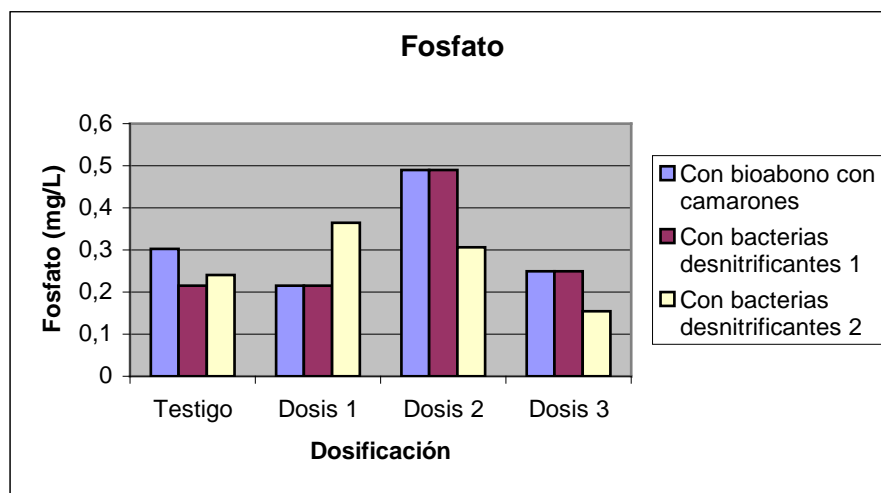


Gráfico 9. Comparación entre los niveles de Fosfato en el agua de cultivo de camarón luego de la aplicación de bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes, durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

9.12 Comparación entre las poblaciones de *Oscillatoriaceae*.

El Cuadro 32 y el Gráfico 10 muestran una comparación entre las poblaciones de *Oscillatoriaceae* en el agua de cultivo de camarón luego de la aplicación de bioabono, la siembra de camarones y la inoculación de bacterias desnitrificantes. Según este cuadro se concluye que la inoculación de bacterias ayuda a disminuir notablemente la presencia en el agua de especies del género *Oscillatoriaceae* (especialmente la dosificación N°1, en proporción con el testigo y las otras dosificaciones). Sin embargo, el aumento o disminución de estos microorganismos también depende de que los camarones los consuman o no como alimento, ya que, como se observa en el Gráfico 10, la población de *Oscillatoriaceae* aumenta cuando los camarones han muerto.

Cuadro 32. Cuadro comparativo entre las poblaciones de *CYANOPHYCEAE* (*Oscillatoriaceae*) en el agua de cultivo de camarón luego de la siembra de camarones y la inoculación de bacterias desnitrificantes (medidas realizadas 20 y 45 días después de la primera aplicación del BIO2-H), durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

<i>Oscillatoriaceae</i> (Cel / L) (Cuadro 8)					
		Testigo	Dosis 1 (0,5 ml)	Dosis 2 (1 ml)	Dosis 3 (2 ml)
1	<i>Oscillatoria limnetica</i> Lemm	1000000	8000000	4000000	1000000
2	<i>Oscillatoria pseudogeminata</i> Schmid	20000000	28000000	24000000	22000000
3	<i>Spirulina laxissima</i> West, G.S.	10000	20000		20000
	TOTAL	21010000	36020000	28000000	23020000
<i>Oscillatoriaceae</i> (Cel / L) (Cuadro 9)					
1	<i>Oscillatoria limnetica</i> Lemm	2312000	1445000	1734000	1156000
2	<i>Oscillatoria trichoides</i> Szafer	6069000	8959000	12716000	6936000
	TOTAL	8381000	10404000	14450000	8092000
<i>Oscillatoriaceae</i> (Cel / L) (Cuadro 10)					
1	<i>Oscillatoria limnetica</i> Lemm		3468000	4335000	5202000
2	<i>Oscillatoria trichoides</i> Szafer		18496000	12716000	26010000
3	<i>Spirulina gigantea</i>		14450		
4	<i>Spirulina subsalsa</i>		14450		
5	<i>Spirulina laxissima</i> West, G.S.		14450	14450	14450
	TOTAL		22007350	17065450	31226450

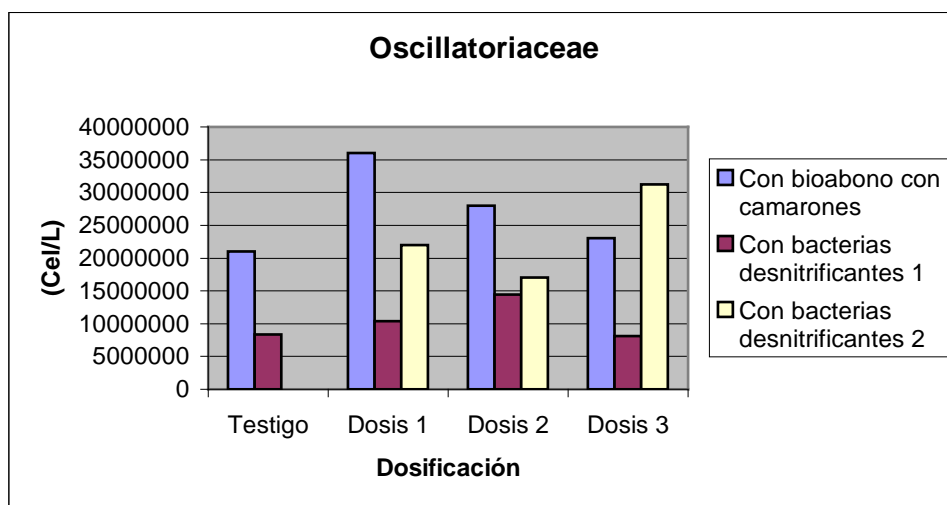


Gráfico 10. Comparación de la cantidad de *Oscillatoriaceae* en el agua de cultivo de camarón luego de la aplicación de bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes, durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

9.13 Comparación entre las poblaciones de *BACILLARIOPHYCEAE* (diatomeas).

El Cuadro 33 y el Gráfico 11 muestran una comparación entre las poblaciones totales de *BACILLARIOPHYCEAE* (diatomeas) en el agua de cultivo de camarón luego de la aplicación de bioabono, la siembra de camarones y la inoculación de bacterias desnitrificantes, y su relación con la DBO. Según el cuadro se puede concluir que la aplicación de la dosis N°1 de BIO2-H puede ayudar a estimular la alimentación de camarones a base de diatomeas, ya que el número de individuos de la subclase *Bacillariophyceae* se reduce considerablemente, en un rango muy superior al de las otras dosificaciones y del testigo. Según (27) las diatomeas están consideradas como el grupo de algas de mayor beneficio alimenticio para el camarón. Todo esto favorecido por el hecho de que en el mismo cuadro la primera dosificación presenta un alto nivel de DBO, lo cual sugiere un aumento en la alimentación y liberación de desechos por parte de los camarones.

Cuadro 33. Cuadro comparativo entre las poblaciones totales de *BACILLARIOPHYCEAE* en el agua de cultivo de camarón luego de la siembra de camarones y la inoculación de bacterias desnitrificantes (medidas realizadas 20 y 45 días después de la primera aplicación del BIO2-H), y su relación con la DBO, durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

CROMOPHYTA				
<i>BACILLARIOPHYCEAE</i> (Cel/L) (Cuadro 8)				
	Testigo	Dosis 1 (0,5 ml)	Dosis 2 (1 ml)	Dosis 3 (2 ml)
Total	620000	2260000	340000	530000
<i>BACILLARIOPHYCEAE</i> (Cel /L) (Cuadro 9)				
Total	530000	190000	230000	450000
<i>BACILLARIOPHYCEAE</i> (Cel/L) (Cuadro 10)				
Total		491300	158950	86700
DBO5 (mg/L)				
Cuadro	Testigo	Dosis 1 (0,5 ml)	Dosis 2 (1 ml)	Dosis 3 (2 ml)
4	2,93	19,53	13,02	13,02

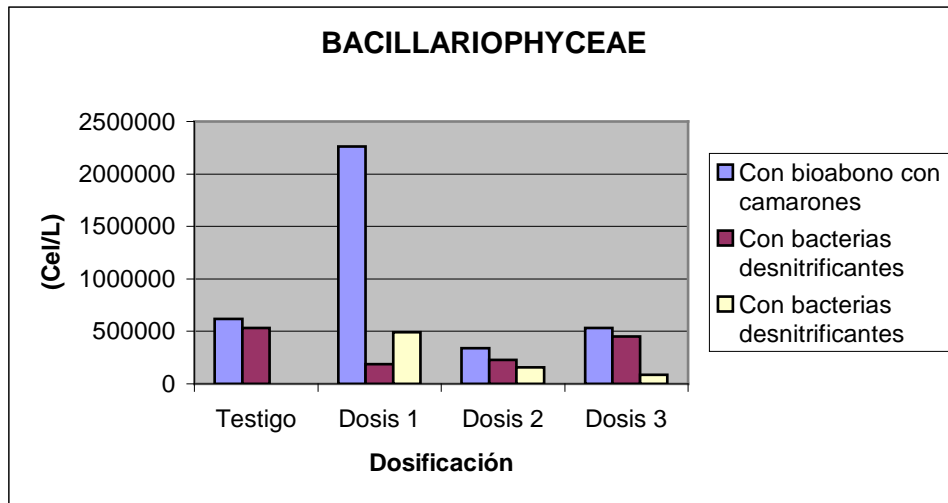


Gráfico 11. Comparación de la cantidad de *BACILLARIOPHYCEAE* (diatomeas) en el agua de cultivo de camarón luego de la aplicación de bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes, durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

9.14 Comparación entre las cantidades de Crustáceos.

El Cuadro 34 es un cuadro comparativo entre las cantidades de crustáceos microscópicos presentes en el agua de cultivo de camarón luego de la aplicación de bioabono, la siembra de camarones y la inoculación de bacterias desnitrificantes. La cantidad de crustáceos microscópicos presentes en el agua de los diques disminuye con la primera aplicación de bacterias desnitrificantes, lo cual no puede ser atribuido a la acción de las bacterias como estimuladoras del consumo de éstos microorganismos por parte de los camarones, ya que en el testigo su número disminuye en igual proporción que en las dosificaciones. En el Gráfico 12 se evidencia que la muerte de los camarones origina un aumento en la población de zooplancton, a excepción de la última dosificación, que presenta una disminución en dicha población, probablemente causada por la elevación de los niveles de nitrito.

Cuadro 34. Cuadro comparativo entre las cantidades de Crustáceos microscópicos presentes en el agua de cultivo de camarón luego de siembra de camarones y la inoculación de bacterias desnitrificantes (medidas realizadas 20 y 45 días después de la primera aplicación del BIO2-H), y su relación con la cantidad de nitritos, durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera Pedernales, Manabí, 2004).

CRUSTÁCEOS				
Cuadro 13				
	Testigo	Dosis 1 (0,5 ml)	Dosis 2 (1 ml)	Dosis 3 (2 ml)
Total	1068	1300	764	2040
Cuadro 14				
Total	210	590	200	1256
Cuadro 15				
Total	776	1400	1092	524
Nitrito (mg/L)				
Cuadro	Testigo	1	2	3
5	0,10994	0,0929	0,12742	0,22402

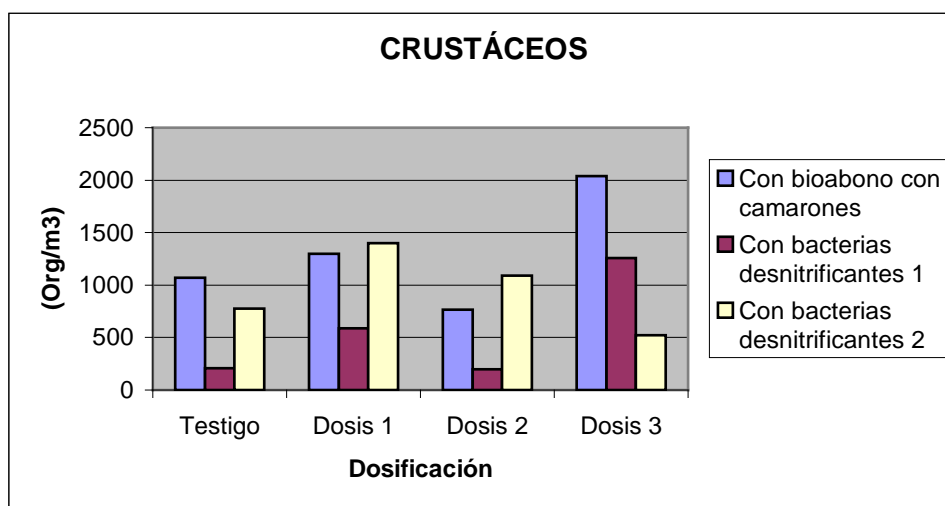


Gráfico 12. Comparación de las cantidades totales de Crustáceos microscópicos presentes en el agua de cultivo de camarón luego de la aplicación de bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes, durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

CAPÍTULO X

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1 CONCLUSIONES.

1. Las dimensiones de las piscinas fueron muy pequeñas para el desarrollo de los camarones, ya que al parecer la falta de espacio estresó al camarón, haciéndolo más susceptible al ataque de enfermedades.
2. La aplicación del BIO2-H sí ayuda a reducir el nivel de compuestos nitrogenados presentes en el agua de cultivo de camarón, a pesar de que la concentración de éstos compuestos en el agua no se encontraba por encima de los límites permisibles establecidos en la tabla 2.
3. La inoculación de bacterias desnitrificantes (BIO2-H) ayuda en la reducción de microorganismos tóxicos para el camarón y en la transformación de compuestos tóxicos en compuestos beneficiosos para el crustáceo.
4. La aplicación del BIO2-H reduce la concentración de fosfatos en el agua de cultivo.
5. La dosis N°1 aumenta el nivel de oxígeno disuelto en el agua de cultivo, manteniendo el más alto nivel hasta después de que los camarones han muerto.
6. La dosificación N°1 (0,5 mg/L) fue la que produjo los mejores resultados durante el período de experimentación, y puede ser considerada como la dosis óptima del producto para aguas de cultivo de camarón en éstas condiciones.

10.2 RECOMENDACIONES.

- 1.** Diseñar y construir diques más grandes cuando se quiera realizar este tipo de investigación, ya que al reducir la mortalidad de los camarones se podrá determinar si realmente la inoculación de bacterias ayuda o no a mejorar el crecimiento del camarón y cómo reacciona éste ante su aplicación.
- 2.** Continuar con esta investigación tratando de recopilar un mayor número de datos durante un mayor período de tiempo, con el fin de relacionar de mejor manera las variables y conocer de forma más precisa cuáles (y en qué grado) influyen directamente sobre el desarrollo de los camarones y sobre las condiciones del agua de cultivo.
- 3.** Se recomienda al dueño y al personal de la camaronera que se trate de evitar la contaminación el estero del cual se toma el agua para llenar las piscinas (y los diques, en este caso), ya que al liberar aguas negras a éste cuerpo de agua se está añadiendo nutrientes que, eventualmente, pueden influir de manera negativa en la producción de camarones o en las investigaciones de este tipo.
- 4.** Se recomienda a las personas interesadas en realizar este tipo de estudios que busquen el apoyo financiero de alguna institución (que puede ser el mismo Instituto Nacional de Pesca), ya que el elevado costo de los análisis impidió que se tomaran datos más representativos durante el período de experimentación.

CAPÍTULO XI

BIBLIOGRAFÍA

1. ALCARAZ, G.. CHIAPPA-CARRARA, X. (et. al). Acute Toxicity of Ammonia and Nitrite to White Shrimp *Penaeus setiferus* Postlarvae. Journal of the World Aquaculture Society. Los Ángeles (USA). Vol. 30. Nº 1 : 90-97. 1999.
2. ALFONSO, E.. ANDREATTA, E. (et al). Uso de Bacterias Beneficiosas en la Larvicultura del camarón *Penaeus schmitti*. La Habana (Cuba). Centro de Investigaciones Marinas. 1997. pp. 1 - 3.
(www.alken-murray.com/shrimp6s.html.)
3. AUSTIN, B. *Vibrionaceae* representatives as pathogens of penaeid shrimps. Memorias II Congreso Ecuatoriano de Acuicultura. Editores: Jorge Calderón y Patrick Sorgeloos. Guayaquil (Ecuador). 1995. pp. 189 - 192.
4. BLACKBURN, T. Role and Impact of Anaerobic Microbial Processes in Aquatic Systems. Detritus and Microbial Ecology in Aquaculture: conference proceeding. Manila (Philippines). D.J.W. & Pullin. 1989. pp. 32 - 53.
5. BOYD, C. Estándares de la calidad del agua: Amoníaco de nitrógeno total. Boletín Nicovita Camarón de Mar. Vol 4: 84 - 85. 2001.
6. BOYD, C. Water Quality and Soil Condition in Brackishwater Ponds. Memorias I Congreso Ecuatoriano de Acuicultura. Editores: Jorge Calderón y Verónica Sandoval. Guayaquil (Ecuador). 1992. pp. 129 – 135.

7. BOYD, C. y MUSIG, Y. Shrimp Pond Effluents: Observations of the Nature of the Problem on Commercial Farms. Editor: Wyban J. Los Ángeles (USA). World Aquaculture Society. 1992. pp. 195 - 197.
8. BOYD, C. y TREECE, G. Métodos para mejorar la camaronicultura en Centroamérica. Managua (Nicaragua). Editorial Imprenta UCA. 2001. pp. 1 - 283.
9. BUCHELI, P. Nutrientes y Fertilización. Revista Acuicultura del Ecuador. Guayaquil (Ecuador). 1993. pp. 13 - 15.
10. _____. Algunas implicaciones del uso de Suelos de Manglar en la producción de camarón. Revista Acuicultura del Ecuador. Guayaquil (Ecuador). 1999. pp. 46 - 47.
11. CALDERÓN, J. El Estado Actual de la Acuicultura en Ecuador y Perfiles de Nutrición y Alimentación. La nutrición y alimentación en la Acuicultura de América Latina y el Caribe. Editores: Carlos Martínez, María Cristina Chávez Sánchez. México D.F. (México). Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas. 1993. pp. 89 – 91.
12. CÁRDENAS, W. Fitoplancton: Productor Primario en la Acuicultura. Revista Acuicultura del Ecuador. Guayaquil (Ecuador). 1997. pp. 39 - 40.
13. CHIEN Y-H. Water Quality Requirements and Management for Marine Shrimp Culture. National Taiwan Ocean University. Department of Aquaculture. Taipei (Taiwan). 2000. pp. 144 - 153.
14. CORREA J. y MENDÍVEZ W. Flota Arrastrera Camaronera. Estadísticas de los Desembarques Pesqueros en el Ecuador 1985 – 1997. Guayaquil (Ecuador). 1998. pág: 33.
15. CRESPO O. Perfil Pesquero y Acuícola del Ecuador. Guayaquil (Ecuador). Subsecretaría de Recursos Pesqueros. 1994. pág. 10.

16. EQUIPO TÉCNICO NICOVITA. Los Nutrientes y Fertilización en Estanques de Cultivo. Boletín Nicovita Camarón de Mar. 8^{va} Ed. Vol 1: pág 10. 1996.
17. _____. Frecuencia de Alimentación de Camarones. Boletín Nicovita Camarón de Mar. 4^{ta} Ed. Vol. 7. 1997. 45 p.
18. _____. Condiciones Tóxicas en el Cultivo de Camarón. Boletín Nicovita Camarón de Mar. 4^{ta} Ed. Vol. 2. 1997. 39 p.
19. _____. Los Probióticos en la Acuicultura. Boletín Nicovita Camarón de Mar. 4^{ta} Ed. Vol. 3. 2000. 43 p.
20. _____. El Oxígeno Disuelto en Estanques de Cultivo. Boletín Nicovita Camarón de Mar. 3^{ra} Ed. Vol. 6. 2001. 38 p.
21. _____. Cultivo de Camarón en Tierras Continentales y el Medio Ambiente. Boletín Nicovita Camarón de Mar. 9^{na} Ed. Vol. 6. 2001. 40 p.
22. _____. Nitrito en Estanques de Cultivo Intensivo de Camarón. Boletín Nicovita Camarón de Mar. Vol. 1. 2003.
23. EQUIPO DE VALOR DE VENEZUELA. Camarones: Acuicultura. Caracas (Venezuela). 2003. pp. 1 – 2.
24. ESCUELA POLITÉCNICA DEL LITORAL. Guayaquil (Ecuador). Informe Final de la Optimización del Cultivo de Larvas de Camarón “ocular”. Guayaquil (Ecuador). 1991. pp. 445 – 474.
25. FEGAN, D., FLEGEL, T. (et. al). Resúmenes del seminario sobre técnicas de prevención del virus mancha blanca/White Spot (WSSV) y virus cabeza amarilla/Yellow Head (YHV). Ciudad de Panamá (Panamá). 1999. pp. 1 - 9.

26. HERVAS, E. ¿Por qué buscar alternativas más eficientes al balanceado natural?.
Revista Ecu-Camarón. Machala (Ecuador). Vol. 2. 1996. pág: 22.
27. HORNA, R. Técnicas y Respuestas de la fertilización inorgánica (Algas, Rotíferos y Copépodos) en la cría de camarones *Penaeus Vannamei* y *Penaeus Stylirostris*. Revista Acuicultura del Ecuador. Guayaquil (Ecuador). N° 11: 44 – 51. 1990.
28. KIELY, G. INGENIERÍA AMBIENTAL: Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Trad. del inglés por José Miguel Veza. Madrid (España). McGraw-Hill/Interamericana de España. Vol. 1 : 90 - 395. 1999.
29. MIALHE, E. y CALDERÓN, J. Strategy for research and international cooperation in shrimp pathology, immunology and genetic. Memorias II Congreso Ecuatoriano de Acuicultura. Editores: Jorge Calderón y Patrick Sorgeloos. Guayaquil (Ecuador). 1993. pp. 15 – 28.
30. MOVIMIENTO MUNDIAL POR LOS BOSQUES TROPICALES. Montevideo (Uruguay). Impactos ambientales, sociales y económicos de la cría industrial del camarón. Montevideo (Uruguay). Boletín N° 51. pág. 1. 2001.
31. _____. Montevideo (Uruguay). Manglares y Granjas Camaroneras. Montevideo (Uruguay). Boletín N° 51. pág. 10. 2001.
32. ORIUS BIOTECNOLOGÍA. BIO2 – H: Estabilizador Biológico en Acuicultura. 2001. pp. 1 – 4.
33. PRESCOTT, L.. HARLEY, J. (et al). Microbiología. 4^{ta} Ed. Madrid (España). Editorial McGraw-Hill. 1999. pp. 480 - 912.
34. PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO. Larvicultura de Camarones peneidos. Vol. I. Editorial CYTED-D. 1992. 207 p.

35. REVISTA CULTIVOS CONTROLADOS. Análisis del III Censo Agropecuario: El Sector Camaronero en cifras. (Ecuador). 2001. pp. 24 - 25.
36. RIVERA-MONROY, V.. BAHAMON, N. (et.al). The Potential Use of Mangrove Forests as Nitrogen Sinks of Shrimp Aquaculture Pond Effluents: The Role of Denitrification. Journal of the World Aquaculture Society. Los Ángeles (USA). Vol. 30. N° 1: 13-14. 1999.
37. SHISHEHCHIAN, F. y YUSOFF, M. Composition and Abundance of Macrobenthos in Intensive Tropical Marine Shrimp Culture Ponds. Journal of the World Aquaculture Society. Los Ángeles (USA). Vol. 30. N° 1. 1999 pág. 128.
38. SNEDAKER, S.. DICKINSON, J. (et. al). Ubicación de piscinas camaroneras y Alternativas de manejo en ecosistemas de manglares en el Ecuador. Trad. del inglés por PMRC. Guayaquil (Ecuador). Editor: Fundación Pedro Vicente Maldonado. 1987. pág. 1.
39. STANIER, R.. ADELBERG, E. (et. al). MICROBIOLOGÍA, Versión Española Actualizada. México D.F. (México). Ediciones REPLA S.A. 1986. pp. 543 - 544.
40. YOONG, F. y REINOSO, B. Situación de la Problemática del virus “Mancha Blanca (WSSV)” en el cultivo del camarón en el Ecuador. Guayaquil (Ecuador). División de Acuicultura del Instituto Nacional de Pesca. 2000 pág. 1.
- 41 (<http://www.accionecologica.org/descargas/alertas/manglares/alerta%20verde%2079-una%20mancha%20mas%20al%20camaron.doc>). Una Mancha más... al Camarón. 2000. 5 p.
42. (<http://www.elacuaria.com/secciones/biologia9.htm>). El nitrógeno en las peceras. 1998. pág. 1.

43. (http://www.danival.org/mar/mar_ciclos_n.html). El Nitrógeno en el mar. 1999. pág. 1
44. (<http://www.greenpeace.es/oceanos/campagnc.aspI>). Estudio de casos: Ecuador. 2003. pág. 1 – 3.
45. (<http://www.wrm.org.uy/deforestacion/manglares.html>). Los manglares en el Ecuador. 1999. pág 1.
46. (<http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/ibc99/botanica/bacillar.html>). *Bacillariophyceae*. 2001. pág. 1.
47. (<http://www.bartleby.com/65/ci/Ciliopho.html>). Ciliophora. The Columbia Encyclopedia. 6^{ta} Ed. 2001. pág.

ANEXOS

ANEXO I

GRÁFICOS

GRÁFICOS

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

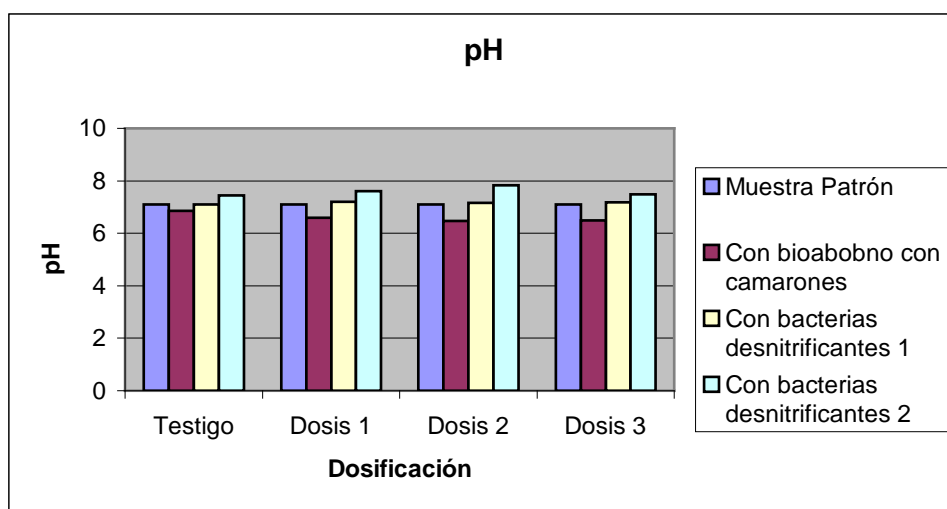


Gráfico 13. Variación del nivel de pH en el agua de cultivo de camarón con la aplicación de bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

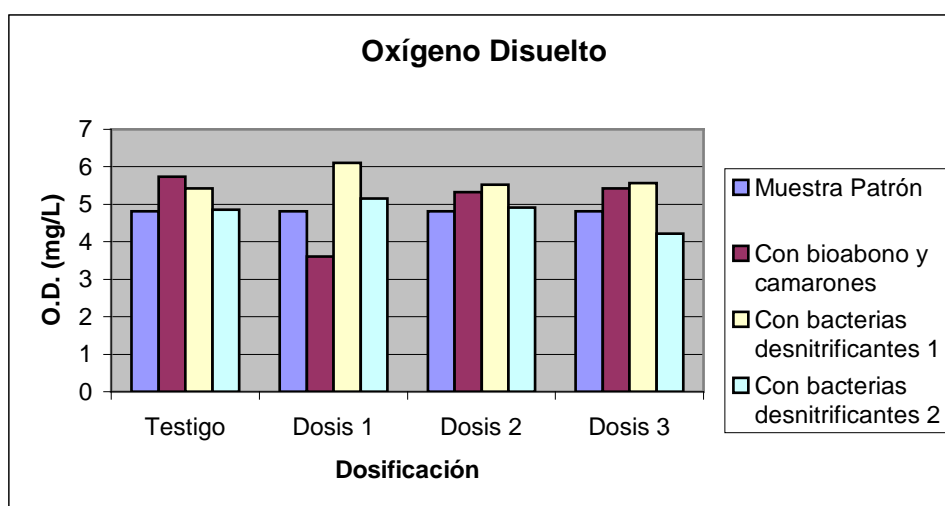


Gráfico 14. Variación del nivel de Oxígeno Disuelto en el agua de cultivo de camarón con la aplicación de bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

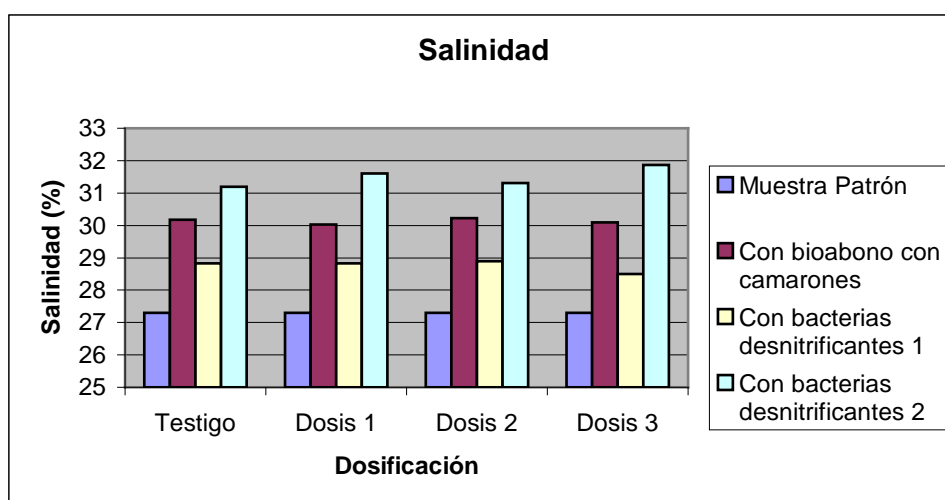


Gráfico 15. Variación del porcentaje de Salinidad en el agua de cultivo de camarón con la aplicación de bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

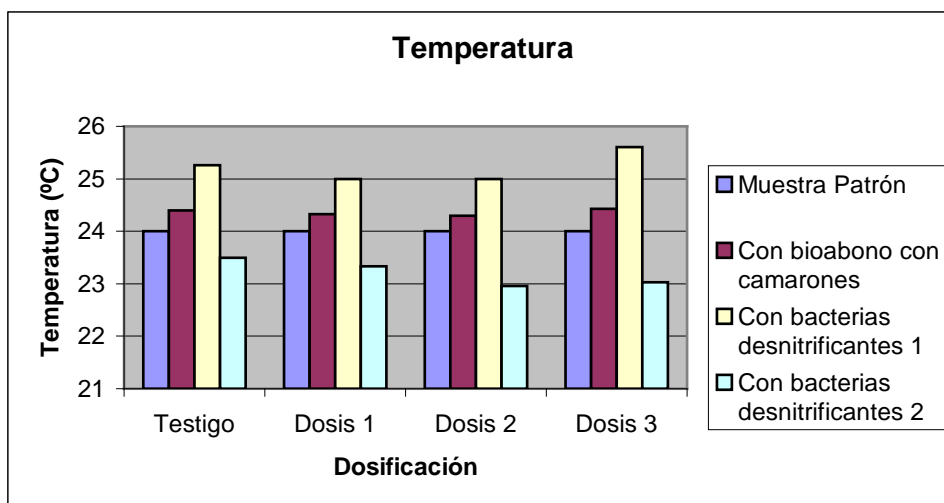


Gráfico 16. Variación de la Temperatura en agua de cultivo de camarón con la aplicación de bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

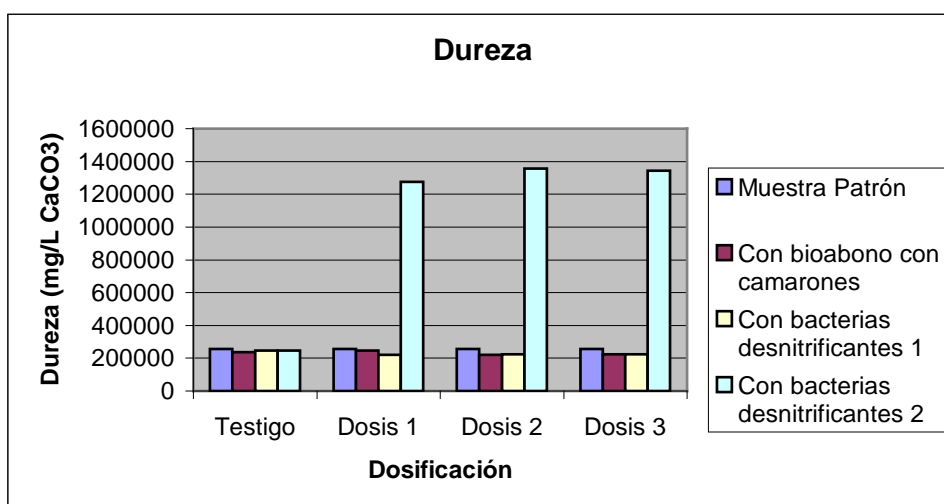


Gráfico 17. Variación de la Dureza en el agua de cultivo de camarón con la aplicación de bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

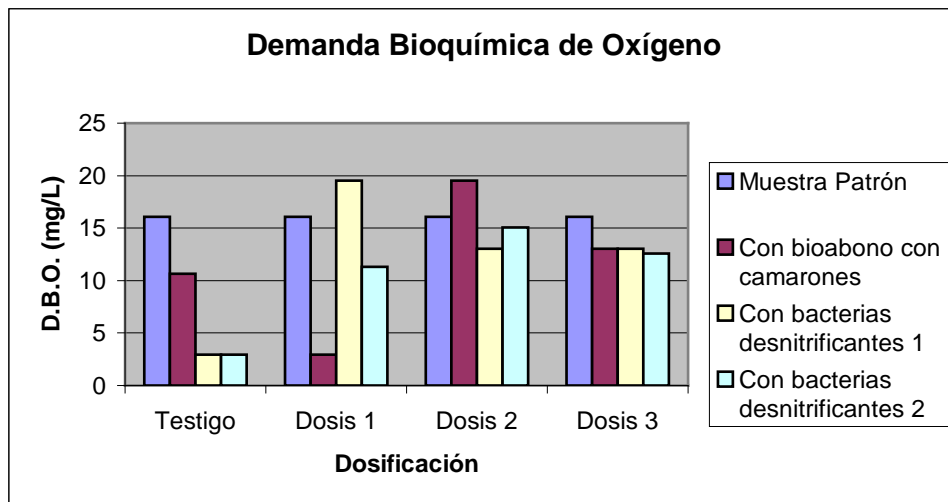


Gráfico 18. Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el agua de cultivo de camarón con la aplicación de bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

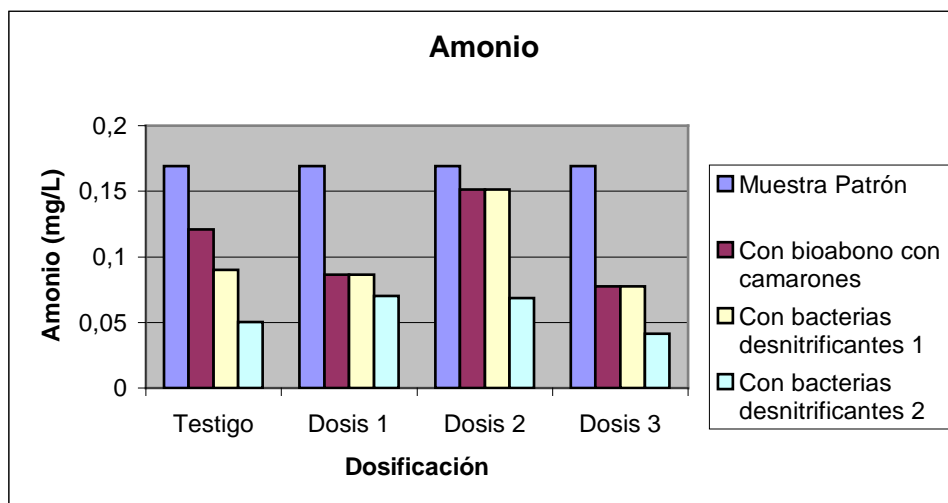


Gráfico 19. Variación del nivel de Amonio en el agua de cultivo de camarón con la aplicación de bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

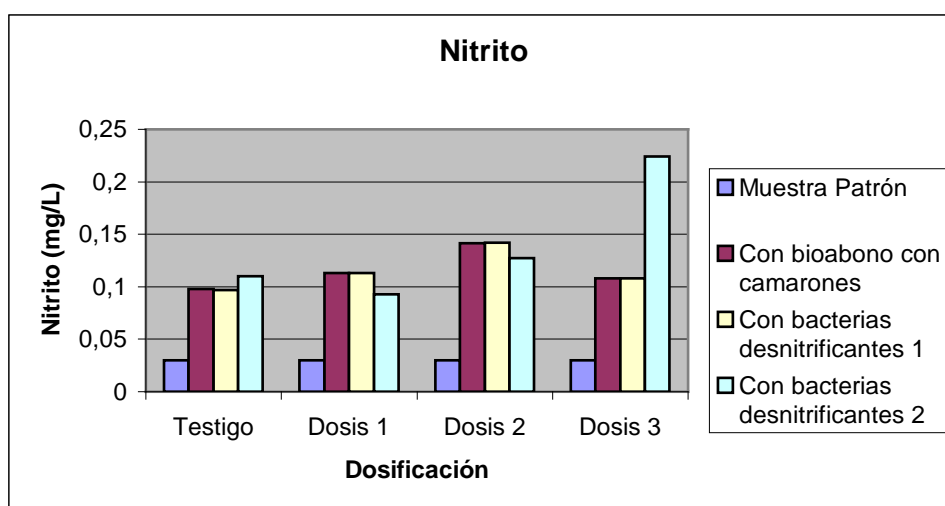


Gráfico 20. Variación del nivel de Nitrito en el agua de cultivo de camarón con la aplicación de bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes durante la validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

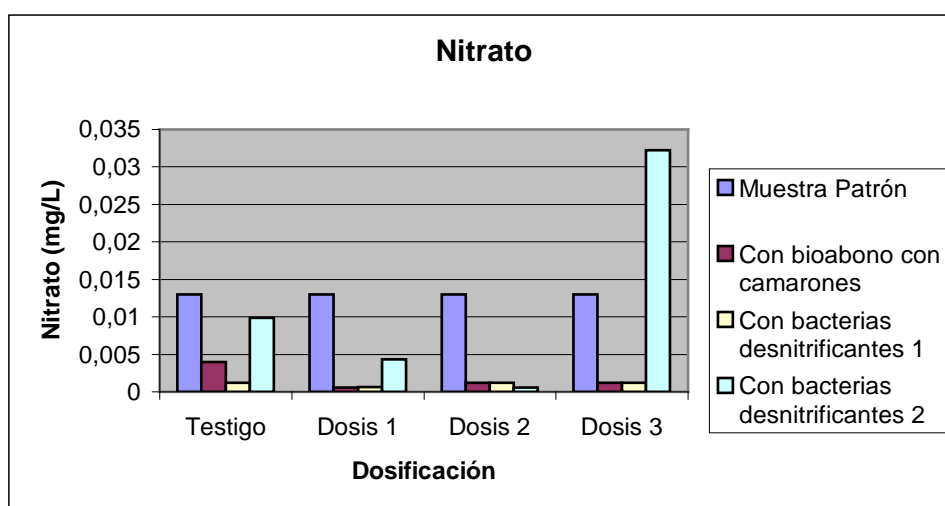


Gráfico 21. Variación del nivel de Nitrato en el agua de cultivo de camarón con la aplicación de bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

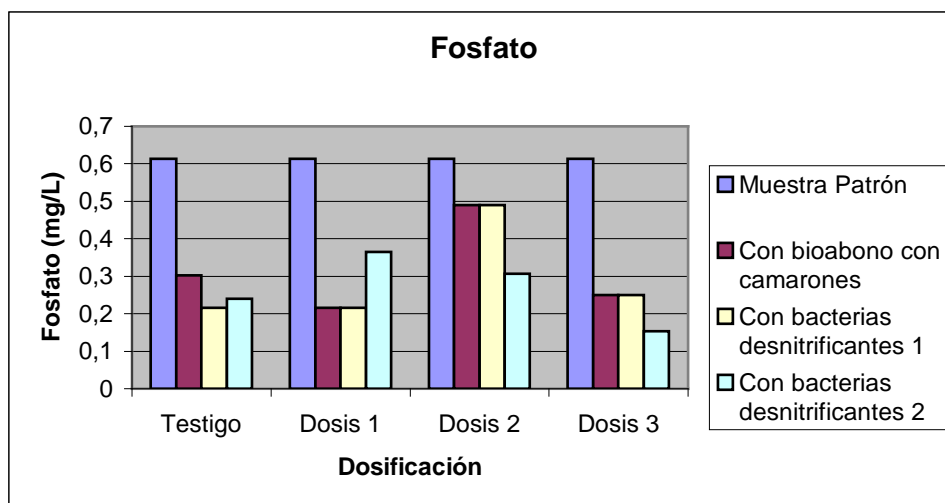


Gráfico 22. Variación del nivel de Fosfato en el agua de cultivo de camarón con la aplicación de bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

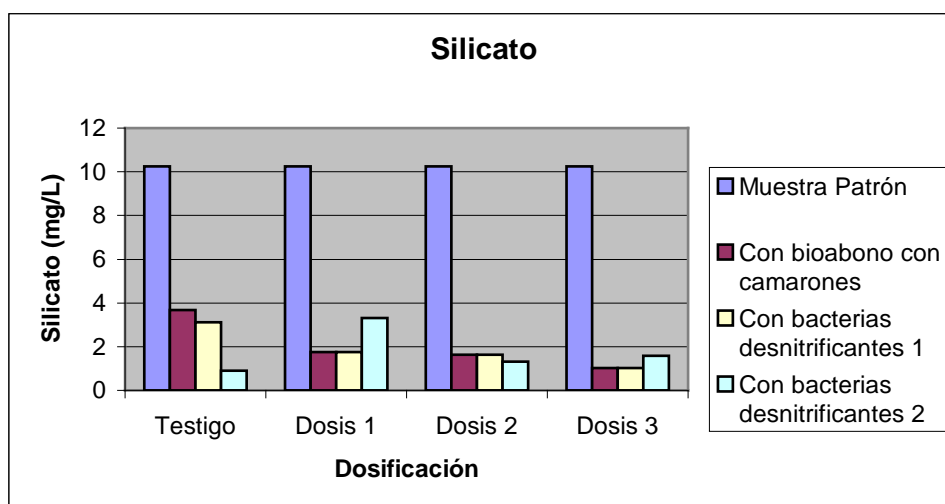


Gráfico 23. Variación del nivel de Silicato en el agua de cultivo de camarón con la aplicación de bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

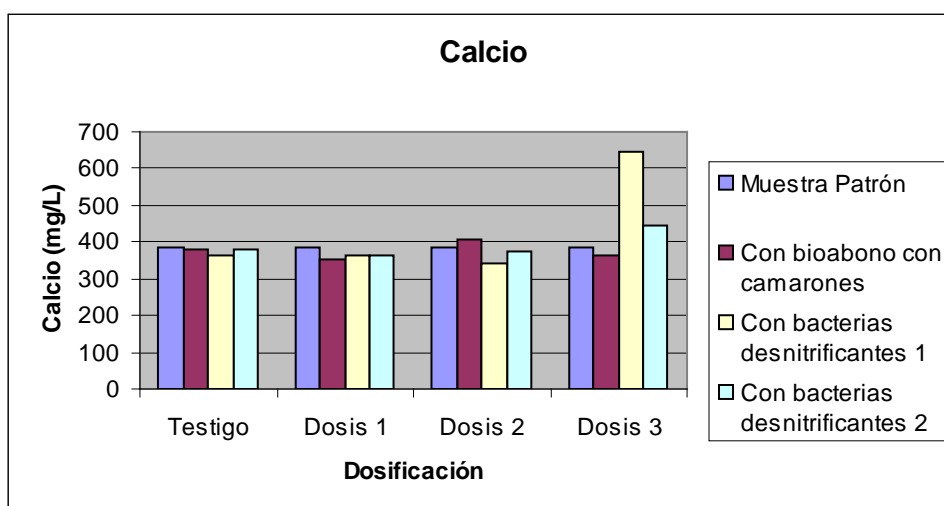


Gráfico 24. Variación del nivel de Calcio en el agua de cultivo de camarón con la aplicación de bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

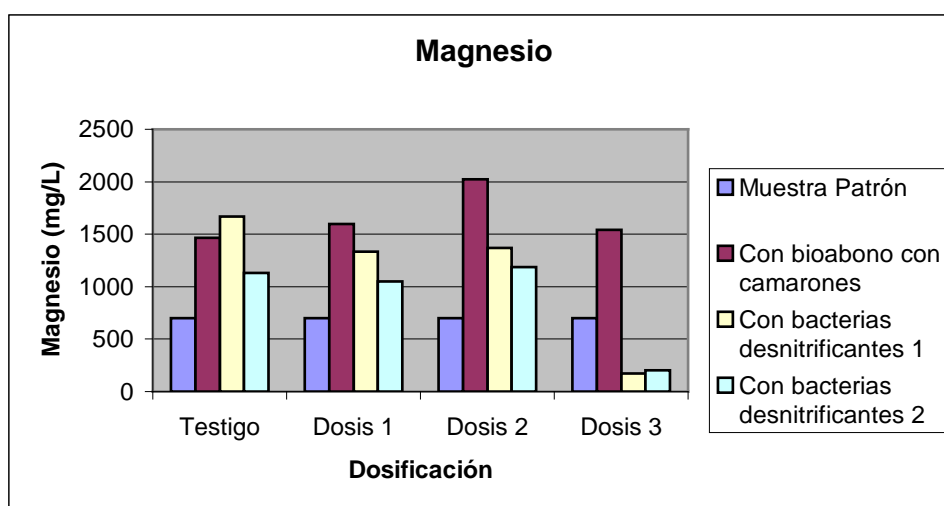


Gráfico 25. Variación del nivel de Magnesio en el agua de cultivo de camarón con la aplicación de bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

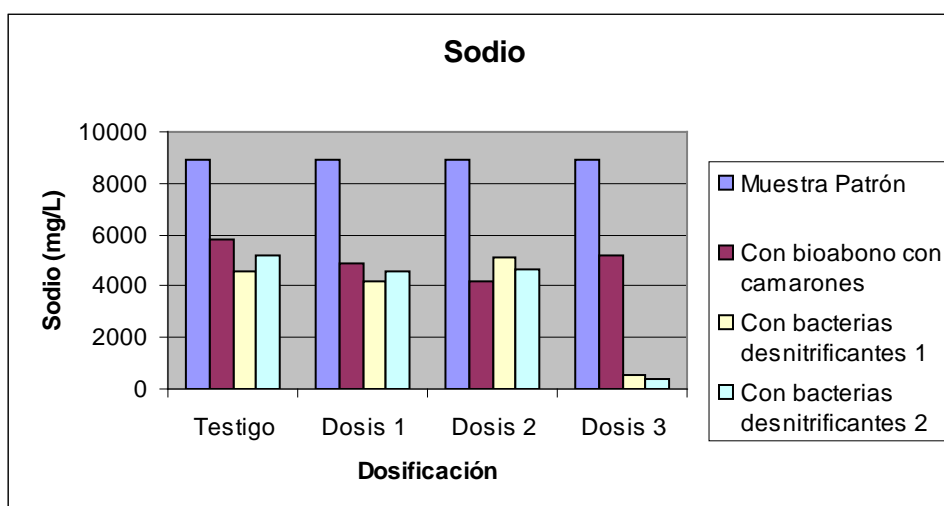


Gráfico 26. Variación del nivel de Sodio en el agua de cultivo de camarón con la aplicación de bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

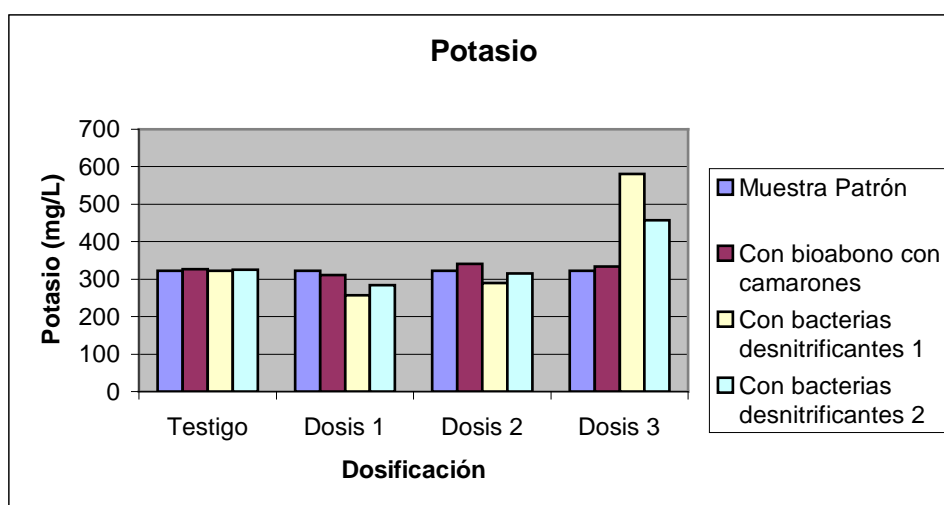


Gráfico 27. Variación del nivel de Potasio en el agua de cultivo de camarón con la aplicación de bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

PLANCTON

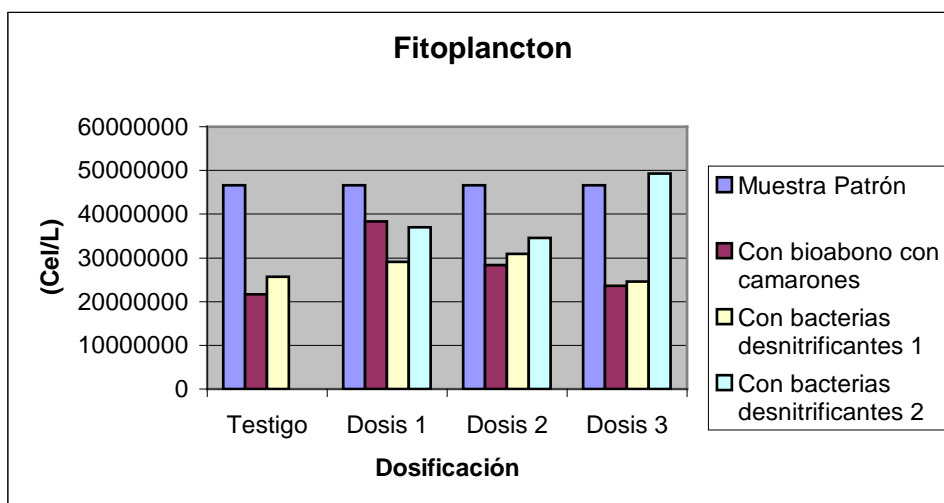


Gráfico 28. Variación de la población de Fitoplancton en el agua de cultivo de camarón con la aplicación de bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

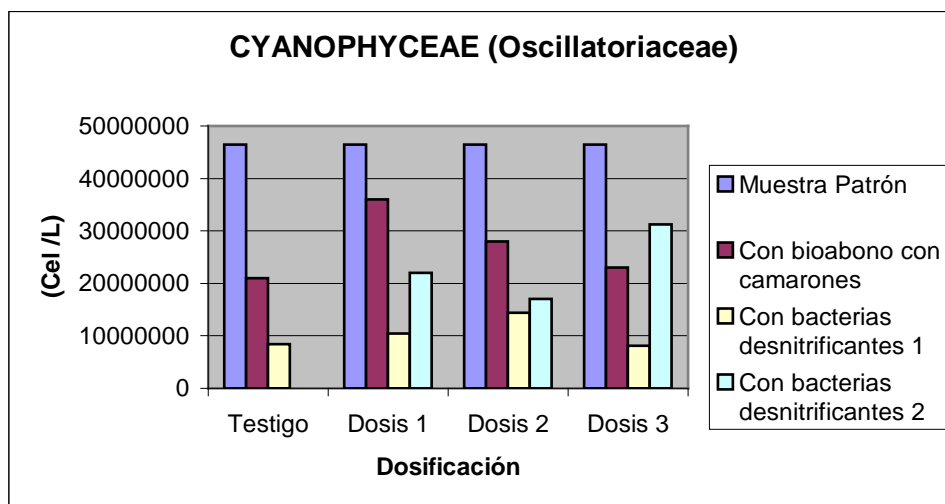


Gráfico 29. Variación de la población de *CYANOPHYCEAE* (*Oscillatoriaceae*) en el agua de cultivo de camarón con la aplicación de bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

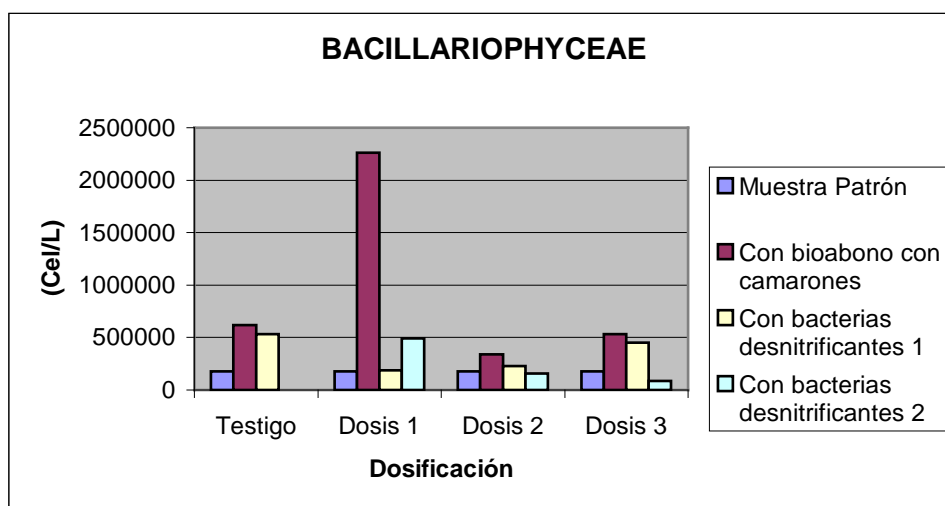


Gráfico 30. Variación de la población de *BACILLARIOPHYCEAE* (diatomeas) en el agua de cultivo de camarón con la aplicación de bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

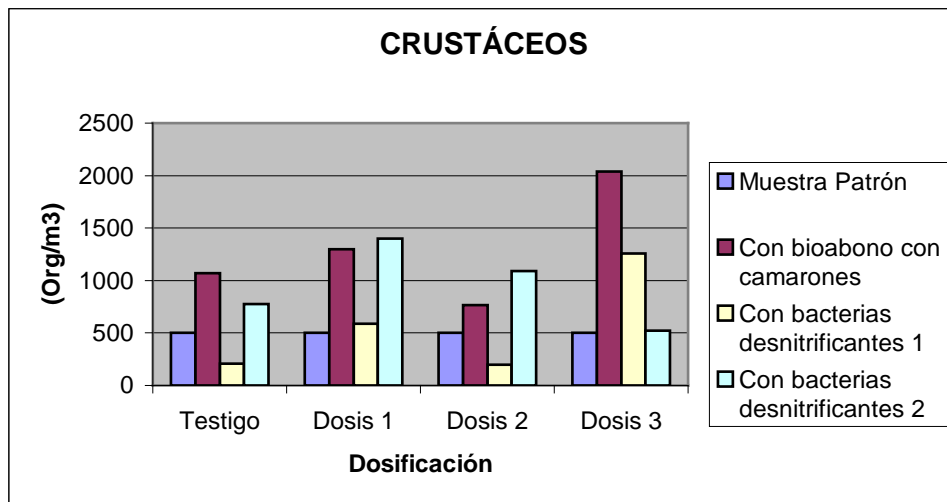


Gráfico 31. Variación de la población de Crustáceos microscópicos en el agua de cultivo de camarón con la aplicación de bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

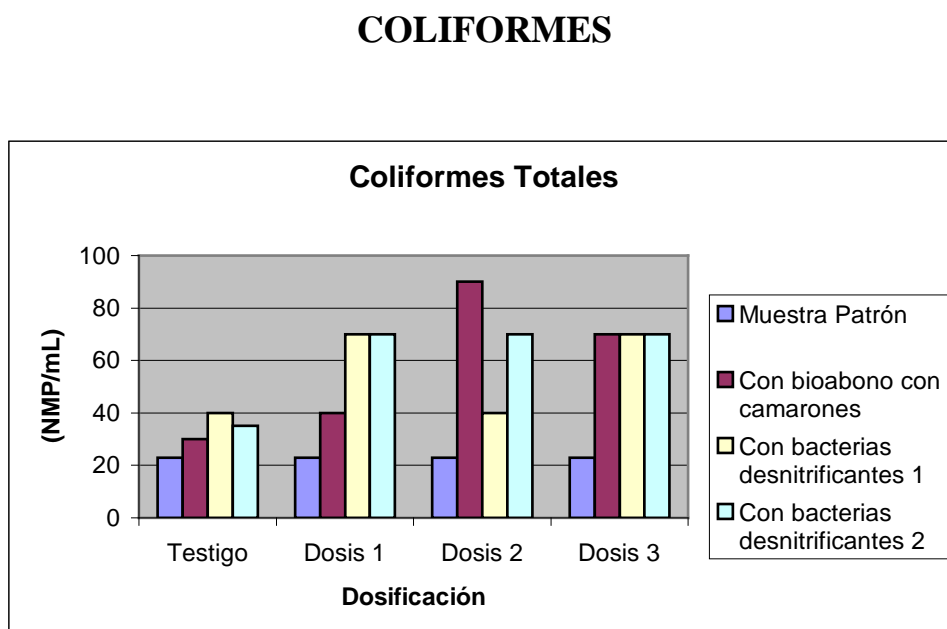


Gráfico 32. Variación de la cantidad de Coliformes Totales en el agua de cultivo de camarón con la aplicación de bioabono, camarones y bacterias

desnitrificantes durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

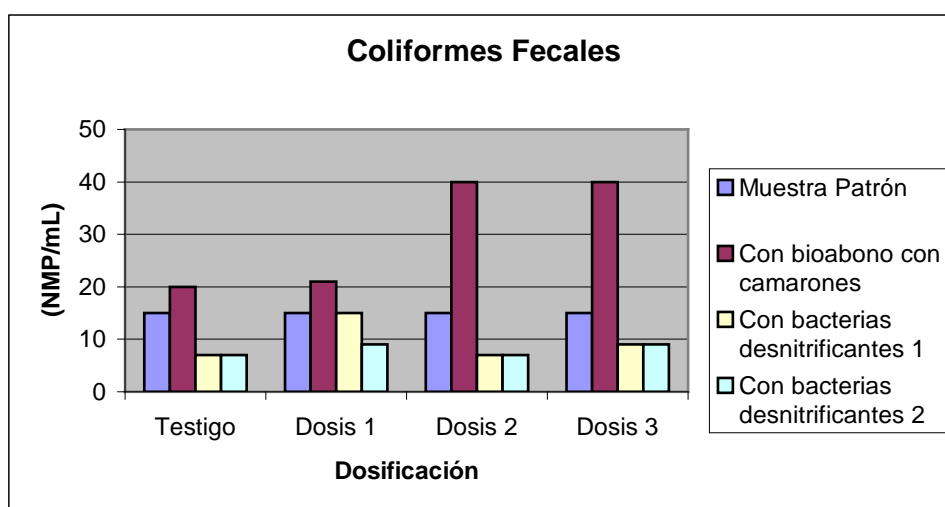


Gráfico 33. Variación de la cantidad de Coliformes Fecales en el agua de cultivo del camarón con la aplicación de bioabono, camarones y bacterias desnitrificantes durante el ensayo de validación del producto comercial BIO2-H en el agua de camaronera (Pedernales, Manabí, 2004).

