MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS

para el manejo de la calidad de agua en el cultivo de camarón en Marismas Nacionales

SuMar®

CENIT 2 Centro Nayarita de Innovación y Transferencia de Tecnología

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología

REDES

Documento elaborado por:
Ing. Héctor Saúl Salazar Virgen
Voces por la Naturaleza, A.C. (SuMar)

Edición:
L.C.C. Ernesto Bolado Martínez
M.C. Carlos Iván Salinas Espinosa

Diseño:
Fernanda Pérez Alarcón

Agosto de 2022

ÍNDICE

Introducción

Objetivos

Principales variables ambientales del agua
que afectan el crecimiento y la supervivencia de los camarones en cultivo

Temperatura 03
- Medición
- Recomendaciones

Oxígeno disuelto 05
- Medición
- Recomendaciones

pH 08
- Medición
- Procedimiento de medición de pHmetro electrónico
- Cuidados con el medidor
- Recomendaciones

Salinidad 12
- Medición
- Consecuencias de la salinidad en el cultivo de camarones
- Recomendaciones

Turbidez 16
- Disco Secchi
- Medición
- Recomendaciones

Desechos nitrogenados 21
- Efectos del amoniaco sobre el camarón
- Recomendaciones

Literatura citada

Introducción

El manejo de la calidad de agua es un aspecto fundamental en los sistemas de acuicultura, sobre todo en aquellos donde se utilizan entradas extras de energía, como es el caso de la fertilización y la aplicación de alimentos balanceados. El propósito principal del manejo de la calidad de agua de cualquier sistema de acuicultura es regular y mantener las condiciones óptimas para la supervivencia y el crecimiento de los organismos en condiciones de cultivo. Los sistemas utilizados para la acuicultura, la producción o rendimiento expresado en términos de kilogramos por unidad de superficie o volumen, se incrementa por el uso de fertilizante químico u orgánico, el alimento suplementario o la combinación de ambos, que inciden en la disponibilidad de nutrientes. Por ello, antes de manipular un cultivo es necesario evaluar las características de la calidad de agua, que pudiera afectar el manejo de las especies y los planes de trabajo del acuicultor.

Dentro de estas características se encuentran: la acidez del agua que limita seriamente la productividad, la turbidez debida a una elevada cantidad de material no biológico suspendido que disminuye la penetración de la luz y oculta el efecto de los fertilizantes, además de la temperatura, el oxígeno y la salinidad. Estas son variables muy importantes que se deben de considerar para el éxito de nuestro cultivo. Además, es fundamental llevar a cabo un programa de recambio de agua, basado en los registros de las variables ambientales, para mantener la calidad de agua en los estanques de engorda de camarón en óptimas condiciones.

Objetivo

Proveer al acuicultor de camarón de una herramienta práctica de consulta para fortalecer sus capacidades técnicas sobre buenas prácticas de manejo de las principales variables ambientales del agua que determinan el éxito o fracaso en el cultivo de camarón.

Principales variables ambientales del agua

que afectan el crecimiento y la supervivencia de los camarones en cultivo

La mayoría de las cosas que se hacen en el cultivo de camarón tienen un impacto directo en la calidad del agua de los estanques. El deterioro de la calidad del agua en los estanques puede afectar severamente la salud de los camarones a tal punto de poner en riesgo la cosecha entera. De ahí la necesidad de monitorear diariamente los parámetros físicos y químicos de agua para que nos permita anticipar y corregir el desarrollo de condiciones adversas de calidad del agua con el fin de restablecer condiciones óptimas en el sistema de cultivo.

Existen diferentes factores fisicoquímicos que son necesarios para garantizar el éxito en el cultivo de camarón. Las principales variables que afectan el crecimiento y la supervivencia del camarón, y que pueden medirse de forma sencilla, son:

1. Temperatura
2. Salinidad
3. Oxígeno disuelto
4. pH
5. Turbidez
6. Desechos nitrogenados (amonio tóxico, principalmente)

Temperatura

La temperatura es probablemente el factor más importante en los ecosistemas acuáticos y de manera directa o indirecta tienen relación con los fenómenos fisicoquímicos y biológicos, así como en el metabolismo de los camarones. La temperatura tiene un efecto muy grande sobre los procesos químicos y biológicos.

En general, **cuando la temperatura aumenta 10 °C duplica o incluso triplica los procesos químicos y biológicos.** Por ejemplo, el camarón va a consumir de 2 a 3 veces más de oxígeno con una temperatura de 35 °C del que consumiría a 25 °C.

Además que tiene una fuerte influencia en otras variables importantes como son: el oxígeno, la salinidad y pH, que determinan la calidad del agua en el estanque.

Medición de la temperatura

La temperatura del agua se mide directamente en el agua del estanque usando un termómetro común o a través de sondas incorporadas a los medidores de oxígeno, pH y similares.

Para medir la temperatura coloque el termómetro o sonda de algún otro equipo en el estanque de tal forma que el extremo de éste quede sumergido en el agua a la profundidad deseada; o bien, tome una muestra de agua en un recipiente y mida la temperatura directamente en ella. Espere por un momento a que el termómetro se estabilice antes de registrar la medición. Recuerde anotar la hora de la medición. Asegúrese de usar siempre el mismo termómetro para obtener mediciones estandarizadas.

Recomendaciones

Los camarones son considerados organismos **poiquilotermos** (es decir, que no pueden regular su temperatura); por lo tanto, su temperatura interna será la misma que registre el estanque de cultivos.

El intervalo de temperatura óptimo para su desarrollo se encuentra entre **24 ºC a 30 ºC. Es de suma importancia llevar a cabo un registro diario de esta variable en superficie y fondo.** Esto va a permitir hacer un manejo adecuado en los niveles de agua en el estanque y reducir el estrés térmico que puede desencadenar problemas en el estado de salud de los organismos y la calidad de agua de los estanques.

La profundidad recomendada en la columna de agua es de 1 a 1.5 metros, sin embargo, esto puede variar dependiendo de las condiciones climáticas de cada región.

Oxígeno disuelto

Esta variable es considerada fundamental en las prácticas acuícolas, ya que afecta la supervivencia, crecimiento y rendimiento acuícola final. Las personas que se dedican a esta actividad deben estar familiarizadas con su dinámica y manejo.

Durante el día, la luz del sol permite a las algas y el plancton hacer la fotosíntesis, lo que aumenta la concentración de oxígeno disuelto en el agua. En la noche, los días de lluvia o nublados es posible que el agua no contenga bastante oxígeno para los camarones. **Cuando el valor de oxígeno disuelto está en niveles bajos (menos de 2 mg/L), los camarones se concentran en la superficie del agua, lo que puede conducir al estado letárgico (**falta de energía**) o hasta la muerte de los camarones**.

Es importante para el cultivo mantener niveles óptimos de oxígeno, ya que cuando este no se mantiene en niveles adecuados los camarones se ven sujetos a una fuerte tensión y son más vulnerables a las enfermedades y parásitos, por lo que pueden morir o dejar de alimentarse. Además, es posible que se incremente la concentración de otros elementos tóxicos, como el amonio y los nitritos, debidos a la relación con estos elementos.

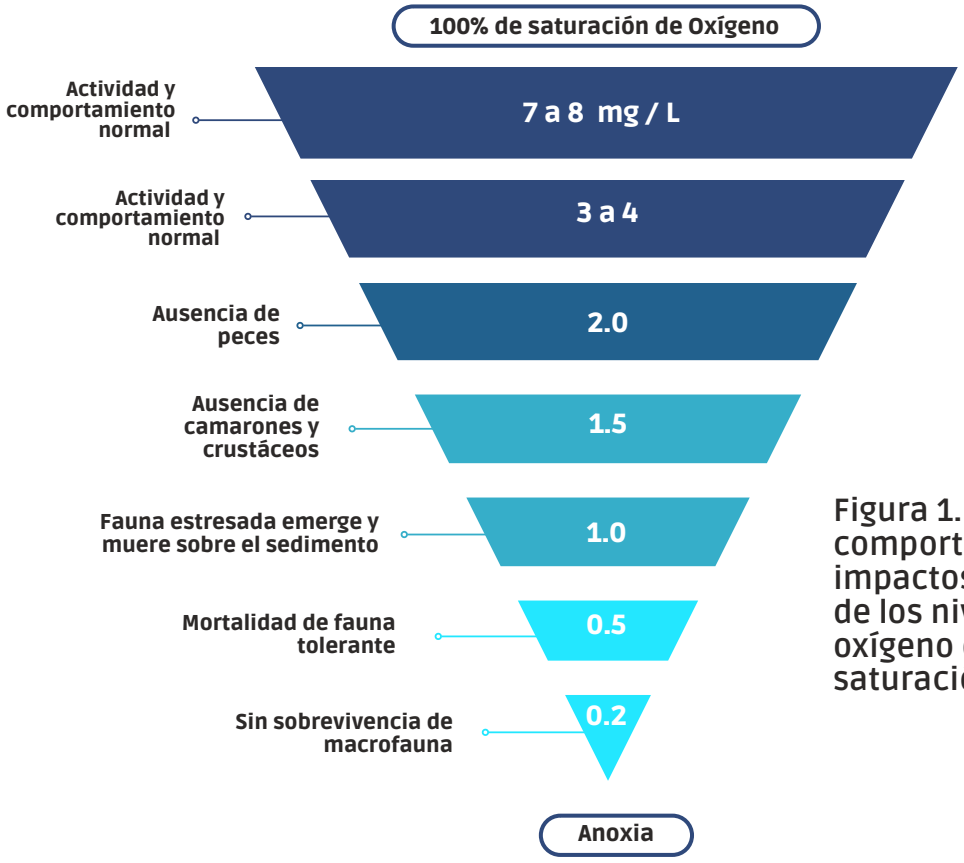

Figura 1. Rango de comportamiento e impactos ecológicos de los niveles de oxígeno disuelto de saturación a anoxia

Medición del oxígeno disuelto

El oxígeno del agua se mide directamente en el agua del estanque usando un oxímetro a través de sondas incorporadas al mismo aparato. Calibre la sonda del medidor de oxígeno con el valor de la presión y porcentaje de saturación de oxígeno atmosférico, así como el valor de la salinidad del agua del estanque siguiendo las instrucciones del fabricante. El medidor de oxígeno debe calibrarse antes y después de haber realizado una serie de mediciones. Sumerja la sonda hasta llegar al fondo, luego levántela hasta quedar a unos 10 cm del fondo. Mueva suavemente la sonda y espere a que el medidor de oxígeno se estabilice y tome nota de la lectura de oxígeno. La siguiente tabla resume los efectos de las concentraciones de oxígeno sobre los camarones.

Tabla 1. Efectos de diferentes concentraciones de oxígeno en los camarones

Concentración de oxígeno disuelto	Efecto
Menor de 1 o 2 mg/L	Mortal, si la exposición dura más que unas horas.
2-5 mg/L	El crecimiento será lento si la baja de oxígeno disuelto permanece en el estanque.
5 mg/L- 12mg/L (saturación)	**Concentraciones de oxígeno adecuadas para un mejor crecimiento y supervivencia en camarones.**
Sobresaturación (> 12 mg/L)	Puede ser dañino si las condiciones existen por todo el estanque. Generalmente, no hay problema.

Figura 2. Oxímetro utilizado para medir el oxígeno, la temperatura y el % de saturación de oxígeno del agua.

Recomendaciones

Medir los niveles de oxígeno en el agua de los estanques por la mañana antes de la salida del sol y por la tarde una vez que se oculte el sol. En caso de que se registren valores bajos de oxígeno a la puesta del sol, es recomendable realizar un monitoreo de las 6 p.m. a las 6 a.m. Esto es para conocer el consumo de oxígeno durante la noche, y que nos permita tomar medidas preventivas (recambio de agua) en aquellas horas en donde la concentración de oxígeno disuelto ponga en riesgo la supervivencia de los camarones.

También es importante no sobrealimentar a los camarones para evitar la acumulación de materia orgánica que demande oxígeno del agua. Además, llevar a cabo un programa de fertilización acorde a las necesidades de nutrientes en el estanque para mantener estable la producción primaria (fitoplancton). Estos microorganismos son los responsables de tener oxigenada la columna de agua.

Para mantener consistencia en el monitoreo del oxígeno, se recomienda medir el oxígeno en la superficie y fondo del estanque a la misma hora en el mismo punto de muestreo todos los días.

pH

El pH es la medida de concentración de acidez o alcalinidad en el agua y su escala de medición es de 0 a 14 UN (unidades). El pH en la cría de los camarones aumenta igualmente durante el día a medida que el fitoplancton y otras plantas acuáticas eliminan el CO^2 (dióxido de carbono) del agua durante la fotosíntesis. Por otra parte, el pH disminuye durante la noche debido a la respiración y la producción de CO^2 por parte de todos los organismos.

El rango óptimo de pH del agua en el estanque de camarones debe oscilar entre 6 a 9 UN. **Es fundamental que los productores de camarón estabilicen el pH en este rango.** Para obtener la mejor calidad de agua, la fluctuación máxima del pH diurno no debe exceder de 0.5 UN. Es vital mantener un pH estable en un rango seguro, ya que afecta al metabolismo y otros procesos fisiológicos del camarón.

Si el pH cambia significativamente puede hacer que los camarones sufran un shock, se debiliten y dejen de comer. Si el pH alto o bajo se extiende por mucho tiempo en el estanque, hará que los camarones crezcan lentamente, atrofiando el crecimiento y sean susceptibles a las enfermedades. Puede causar estrés, menor sobrevivencia, baja producción y llevar a un crecimiento pobre. Los signos de pH no óptimos en los camarones incluyen aumento de moco en las superficies de las branquias, enfermedad de las branquias negras, daños en los lentes oculares, comportamiento anormal al nadar, caparazón suelto, caparazón blando, e irregularidad en la muda.

El pH variará en el ambiente del estanque dependiendo de una serie de factores. Por ejemplo, el suelo de sulfato ácido, la tasa de lluvias en zonas de estanques y la densidad de siembra de camarones. Además, la alimentación y tasa de formación de lodos en el fondo del estanque y la presencia de micro y/o macro organismos en el ecosistema. Igualmente, la existencia de fitoplancton en el agua del estanque y la tasa de producción de dióxido de carbono en el agua del estanque, entre otros aspectos.

Medición del pH

Dado que las mediciones de pH cambian con rapidez, este parámetro debe medirse directamente en el campo. Existen numerosas técnicas que permiten registrar el valor del pH en el agua de un estanque. Las diferencias entre ellas se establecen por el nivel de exactitud que desea obtener el acuicultor. Las diversas técnicas se agrupan en:

a) Uso de indicadores químicos
b) Uso de indicadores de papel
c) Empleo de aparatos electrónicos

De estos tres, el más exacto y satisfactorio es el último.

Procedimiento de medición del pH

1 **Calibre el medidor de pH de acuerdo a las instrucciones del fabricante.** Use tres soluciones estándar, una solución estándar neutro (pH 7), una solución ácida (pH 4), y una básica (pH 10).

2 **Tome una muestra de agua en un recipiente plástico o de vidrio limpio.** La muestra de agua debe ser suficiente para que la sonda quede sumergida al momento de hacer la medición. Enjuague la sonda con un poco de agua de la muestra a medir y luego coloque la sonda en el recipiente que contiene la muestra moviéndola suavemente.

3 **Espere a que el medidor de pH se estabilice y luego registre la medición.** No agite la muestra de agua vigorosamente ya que esto puede afectar la exactitud de la medición.

Figura 3. Aparato utilizado para medir el pH del agua.

Recomendaciones con el medidor de pH

Para evitar daños a la sonda del medidor de pH, una vez concluidas las mediciones, enjuague la sonda con agua destilada. Dentro de la tapa protectora de la sonda se recomienda poner un trozo de algodón o esponja impregnado con solución calibradora de pH 4 UN (unidades). Esta solución impedirá el crecimiento de bacterias en la superficie de la sonda y la mantendrá húmeda mientras no esté en uso.

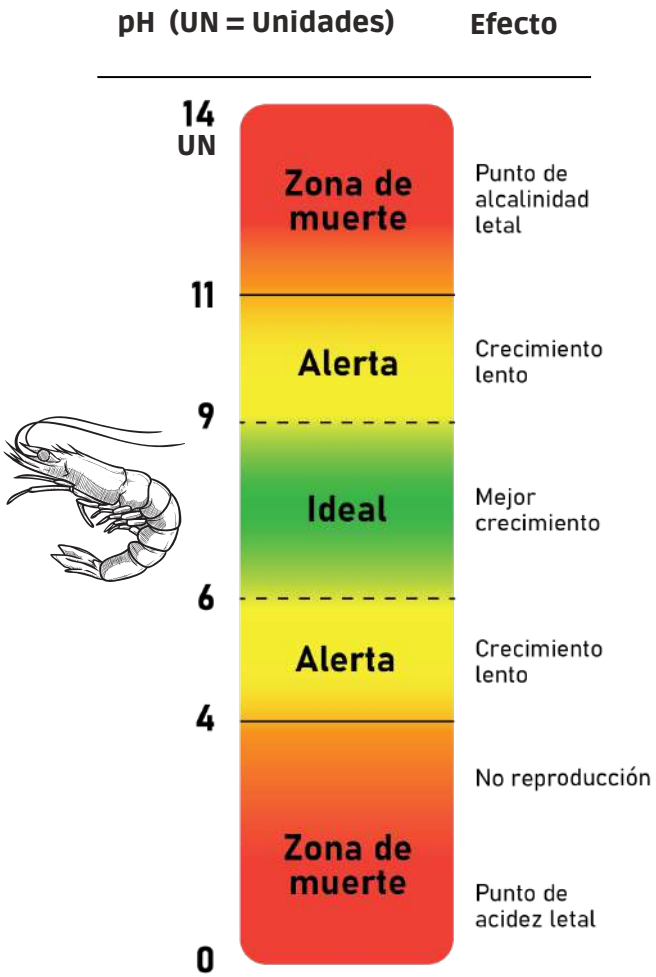

Figura 4. Efectos del pH en los camarones de estero.

Recomendaciones

Realizar la medición de esta variable después de que se oculte el sol y antes de los primeros rayos del mismo, que son las horas en donde normalmente podemos encontrar valores máximos y mínimos, respectivamente.

Conocer estos valores permitirá llevar a cabo acciones correctivas para evitar problemas en la salud de los camarones en el estanque. La manera más efectiva para mantener los niveles aceptables de pH es sosteniendo poblaciones estables de fitoplancton vía fertilización y recambio de agua, la aplicación de cal no tendrá mucho impacto en el pH.

Salinidad

La salinidad es la cantidad total de sales en solución, expresada en gramos por litro de agua. La salinidad mantiene los líquidos vitales del camarón, permitiendo mantener un equilibrio iónico (equilibrio de ciertos minerales como el sodio, potasio, calcio y magnesio, principalmente) del organismo. Este proceso afecta el metabolismo, gasto energético y tasa de crecimiento. Altas concentraciones de salinidad reducen los niveles de oxígeno disuelto en el agua del estanque. Las concentraciones óptimas de salinidad se presentan en los rangos de 15 a 25 g/L.

En el caso del agua para estanque de crustáceos el intervalo es amplio, puede ir de agua dulce hasta agua hipersalinas en temporada de estiaje (no lluvia).

Por su concentración de sales, las aguas también se pueden clasificar en:

Tabla 2. Clasificación del agua en base al contenido de sal.

Categoría	Concentración de sales
Agua dulce	< 0.5 g/L
Oligohalinas	0.5 a 3.0 g/L
Mesohalinas	3.0 a 16.5 g/L
Polihalinas	16.5 a 30.0 g/L
Marinas	30.0 a 40.0 g/L
Hipersalinas	> 40.0 g/L

Medición de la salinidad

La salinidad se mide utilizando un refractómetro, con este dispositivo el usuario puede determinar la concentración en sal de un líquido con una pequeña cantidad de muestra y el procedimiento es el siguiente:

1

Calibrar el equipo.

Ponemos sobre el prisma del equipo agua destilada (0 g/L de salinidad) y tapamos, observamos a través del ocular (parte redonda del equipo) y apoyándonos en el tornillo macrométrico ajustamos a cero en dirección al sol.

2

Medir la salinidad del equipo.

Una vez ajustado a cero el equipo, con la ayuda de un recipiente tomamos agua del estanque y la colocamos sobre el prisma del equipo y tapamos, a través del ocular del equipo y en dirección al sol, se puede observar dos escalas de número, de lado izquierdo corresponde a la densidad y de lado derecho a la salinidad. El valor que buscamos es el de la salinidad y tiene una escala que va de 0 a 100 ‰ (gramos/Litro): el límite inferior del área de color azul corresponde al valor de la salinidad en la muestra de agua.

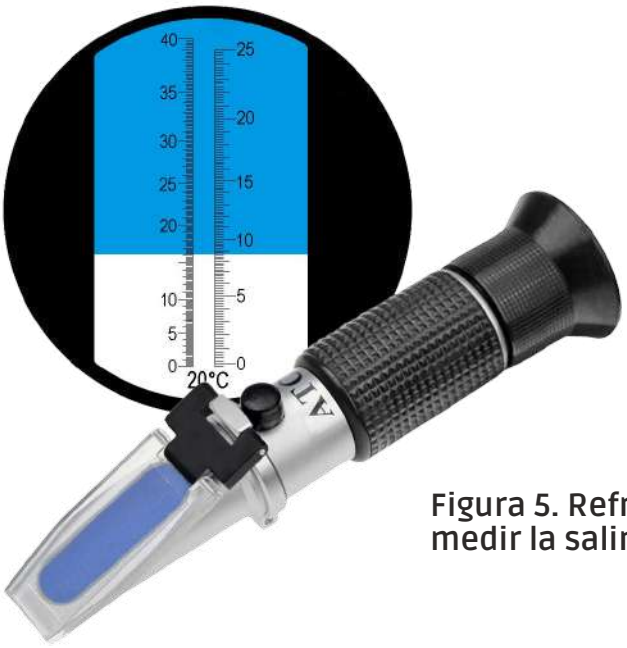

Figura 5. Refractómetro para medir la salinidad del agua.

Consecuencias de la salinidad en el cultivo de camarones

Los camarones son considerados como organismos eurihalinos, debido a que pueden sobrevivir en rangos de salinidad entre 0.5 a 45 g/L, o más. No obstante, su supervivencia no es sinónimo de rendimiento, especialmente en criaderos de engorde comercial. Veamos más a continuación.

Estudios han demostrado que los cambios de salinidad afectan directamente la muda, el crecimiento, cambios fisiológicos y moleculares de los crustáceos. Más allá de los valores de supervivencia, la tasa de crecimiento es un factor imprescindible que determina la rentabilidad económica. Al respecto, en pruebas en ambiente controlado, se comparó el crecimiento del camarón blanco bajo distintos niveles de salinidad.

Los resultados demostraron **un menor índice de crecimiento en el camarón a medida que la salinidad era más alta**. En unos estanques con 20 y 25 g/L de salinidad se obtuvieron mejores índices de supervivencia y crecimiento respecto a promedios de 35 g/L. Pero, ¿a qué se debe esta relación? **Tengamos en cuenta que una salinidad alta hace que la energía invertida en el crecimiento se interrumpa.**

Justamente **el desarrollo del camarón será lento ya que parte de su energía se gastará en el proceso de osmorregulación** (mantener las concentraciones de sales interna). A su vez, a **los camarones les resultará más difícil mudar en ambientes salinos,** ya que la cutícula de su caparazón será más dura, inhibiendo el crecimiento.

Recomendaciones

Realizar el cultivo de camarón cuando existan las condiciones de salinidad que no afecten de manera significativa la supervivencia y el crecimiento de los camarones. Además, **tratar de mantener la salinidad en el cultivo de camarón en rangos entre 15 a 25 g/L.**

La salinidad en cultivos de camarón puede modificarse de distintas formas, dependiendo del valor inicial. Concentraciones muy bajas se pueden aumentar mediante el encalado y la adición de ciertas sales minerales comerciales. En cambio, si hay salinidades altas, la vía más práctica de reducirla es agregando agua de menor salinidad durante sequías prolongadas.

Turbidez

La turbidez en los estanques puede ser ocasionada por humus, sedimento, detritos orgánicos, material coloidal (partículas suspendidas en el agua), plantas y animales. En forma general, obedece a tres causas principales:

1) A la producción planctónica;
2) Al aporte de altas concentraciones de sustancias húmicas (materia orgánica de los suelos); y
3) A los sedimentos en suspensión.

La turbidez ocasionada por el plancton es deseable en un estanque, porque favorece notablemente la producción y estimula el crecimiento en los camarones.

Disco de Secchi

La visibilidad del disco de Secchi es la **profundidad en centímetros a la cual el disco deja de ser visible** cuando este es sumergido en el agua del estanque.

Usualmente existe una relación inversa entre la visibilidad del disco y la abundancia de plancton. **A medida que el plancton aumenta, la visibilidad disminuye (Figura 7).**

Al tomar decisiones de manejo en base a las lecturas del disco de Secchi, hay que asegurarse que la turbidez es realmente debida a fitoplancton y no a otro tipo de materiales suspendidos en la columna de agua, tales como arcilla, sedimentos o detritus.

Figura 6. Disco de Secchi para medir la turbidez del agua.

Procedimiento de medición

1. Lentamente deje que el disco se sumerja exactamente hasta la profundidad en que desaparece, con la ayuda de una cinta métrica medimos la distancia y la llamamos P1.

2. Se vuelve a sumergir el disco lentamente, deje que el disco descienda hasta donde no sea posible verlo, luego elevar la cuerda lentamente deteniéndose de inmediato en el punto exacto en que el disco se vuelve visible nuevamente, con una cinta métrica medimos esa distancia y la llamamos P2.

3. El promedio de estas dos lecturas será igual a la profundidad de visión del disco de Secchi, de acuerdo a la siguiente fórmula.

PDS= (P1 + P2)/2

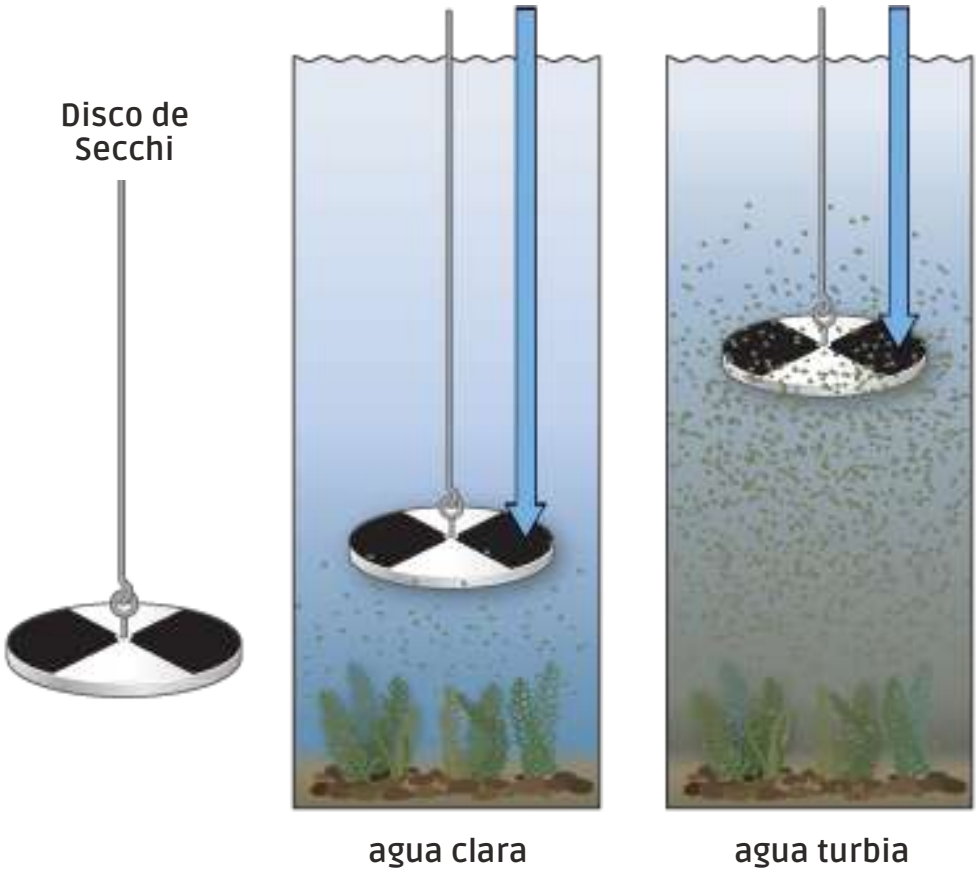

Figura 7. Visibilidad del Disco de Secchi según la turbidez del agua

Recomendaciones con el disco de Secchi

El oleaje excesivo, fuertes vientos, o luz solar pueden afectar las mediciones del disco de Secchi. **Se aconseja tomar mediciones en días calmos y soleados a medio nublados.**

Si va a tomar mediciones con el disco de Secchi desde un bote, trate de **anclarlo a una estructura sólida** para evitar que el viento lo mueva al momento de tomar la medición.

El técnico debe evaluar en el sitio si existen o no las condiciones adecuadas para realizar esta medición. Usualmente, **la hora más adecuada para realizar esta medición es entre las 10:00 y las 12:00 horas.**

Sumerja el disco de Secchi del lado del bote donde da la sombra, de tal forma que la persona que va a realizar la medición quede parcialmente de espaldas al sol, que la sombra del bote no tape el disco, y que el brillo del sol no afecte la visión del observador.

Trate de **agregar peso adicional bajo el disco** para que se sumerja más rápido al momento de la medición.

Las mediciones o lecturas del disco de Secchi son subjetivas dado que variarán en dependencia de la agudeza visual del que ejecuta la medición y de las condiciones del tiempo. Por esta razón, **la misma persona debe realizar estas mediciones diariamente.**

Tabla 3. Interpretación de la lectura del disco Secchi

Profundidad (cm)	Condición del florecimiento de plancton
<25	Estanque demasiado turbio. Si es turbio por fitoplancton, habrá problemas de concentración baja de oxígeno disuelto por la noche o antes de la salida del sol. Cuando la turbidez resulta por partículas suspendidas del suelo la productividad será baja.
25-30 cm.	La turbidez llega a ser excesiva.
30-45 cm.	Si la turbidez es por fitoplancton, el estanque está en buenas condiciones.
45-60 cm.	Fitoplancton se vuelve escaso.
> 60	El agua es demasiado clara. La productividad es inadecuada y pueden crecer plantas acuáticas en el fondo de los estanques.

Recomendaciones

Las lecturas del disco de Secchi deben de hacerse entre las 10:00 - 12:00 horas del día antes de que el viento incremente las olas en el estanque. También debe tomarse en cuenta el color del agua, para ver si existen sedimentos en suspensión. Si sospecha que una gran parte de la turbidez es causada por sedimentos, recolecte una muestra de agua en conos de Imhoff de 1,000 ml.

El sedimento se depositará en el fondo en 30 minutos, mientras que las algas permanecerán suspendidas, con esto podemos ver la contribución de las algas a la turbidez.

Hay métodos más exactos para estimar la verdadera contribución del fitoplancton a la turbidez, como los análisis fluorométricos o espectrofotométricos para clorofila.

Figura 8. Conos de Imhoff de 1,000 ml.

Desechos nitrogenados

El suministro de nitrógeno en exceso respecto a la capacidad asimilativa de los estanques de cultivo o de los cuerpos de agua costeros provoca un deterioro de la calidad del agua, ello a través de la acumulación de compuestos nitrogenados como el amonio, nitritos y nitratos, los cuales son tóxicos para los organismos.

De los tres compuestos más estudiados, nitritos, nitratos y amonio, el que ha llamado más la atención es el amonio, el cual sobresale por ser generalmente el más tóxico. El amonio es producido principalmente por la excreción directa de los camarones, así como la descomposición del material orgánico que contiene nitrógeno bajo condiciones aeróbicas (en la presencia de oxígeno) y anaeróbicas (en la ausencia de oxígeno), los cuales son descompuestos principalmente por bacterias.

Con el aumento de la alimentación, aumenta la acumulación de amoniaco total (NH^4). El amoniaco no ionizado (NH^3) es la forma de amoniaco liberado hacia el medio ambiente. Al aumentar el pH (desde 7.5 a 8.5 unidades) y la temperatura (desde 25-35 ºC) se incrementa la forma de amoniaco no-ionizado, el cual es más tóxico para los camarones. Cuando el amoniaco es liberado hacia el ambiente acuático y se acumula en concentraciones grandes, puede crear problemas de estrés en los camarones.

Generalmente, los resultados son crecimientos y eficiencia de alimentación pobres y ocurren efectos adversos bajo exposiciones prolongadas de 0.1 mg/L (valores tan bajos como 0.45 mg/L causan un 50% de reducción del crecimiento en camarones). Los camarones pueden tolerar mayores rangos de amoniaco (0.6 - 2.0 mg/L) por periodos cortos de exposición, pero estos camarones expuestos son más susceptibles a las enfermedades, tanto en sistemas semintensivos como intensivos.

En estanques con alcalinidad alta pueden ocurrir graves problemas de toxicidad del amoniaco, por lo que es recomendable que el pH no exceda de 9 UN (unidades) en el agua. Como la concentración de NH^3 depende del pH, su concentración fluctúa con la del ciclo diario del pH y CO^2. Los valores de NH^3 son más altos en la tarde cuando los niveles de CO^2 son bajos, y se hallan en su valor mínimo antes del amanecer cuando los niveles de CO^2 son altos.

Por otro lado, el pico más alto de NH^3 ocurre cuando el oxígeno disuelto es elevado, de tal manera que la toxicidad del amoniaco se hace más severa cuando ocurre reducción de oxígeno.

Dentro del estanque existen mecanismos o procesos para la asimilación del amoniaco, los cuales involucran la presencia de una serie de microorganismos que constituyen el bentos (microorganismos del fondo), como son: cianobacterias (bacterias que realizan fotosíntesis) y algas fotosintéticas (que realizan fotosíntesis), así como el entrampamiento/absorción del amoniaco por el sedimento del estanque. El sedimento sirve tanto como fuente desde donde se puede liberar y difundir amonio hacia el agua del estanque, así como trampa para los desechos nitrogenados procedentes del agua del estanque.

Efectos del amoniaco sobre el camarón

Como en otros organismos acuáticos (peces y otros crustáceos), el amoniaco puede provocar cambios histológicos (tejidos) como lesiones en las branquias y otros órganos, así como un crecimiento lento.

Generalmente, cualquier cantidad medible de amoniaco afectará el crecimiento y los resultados adversos sobre el crecimiento pueden provenir de lo siguiente:

1. Absorción lenta o reducida de oxígeno causada por daño a las branquias;
2. Demanda de energía adicional causada por el uso de vías alternativas de desintoxicación;
3. Perturbaciones en la regulación osmótica (mantener las concentraciones de sales interna); y
4. Daños físicos en varios tejidos.

Figura 9. Fotómetro portátil para medir amonio del agua.

Recomendaciones

Para reducir los efectos sobre el crecimiento y la supervivencia en las granjas de camarón, ocasionado por la presencia de amonio no-ionizado NH^3, se debe de tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. Mantener concentraciones de pH entre 6 a 9 UN (unidades),
2. Oxígeno disuelto por arriba de 3 mg/L en la columna de agua,
3. Salinidades por arriba de 10 g/L,
4. Manejo adecuado de la alimentación para evitar la sobrealimentación y
5. No utilizar fertilizantes a base de urea o amonio.

Además, el amoniaco atrapado en el sedimento del estanque puede ser removido durante la preparación de este, al secar y arar el suelo exponiéndose al aire. Esto favorece la nitrificación (transformar el amoniaco a nitrato), desnitrificación (transformar el nitrato a nitrógeno) y amonificación (transformar compuestos nitrogenados orgánicos a amoniaco).

Otra manera de remover el amoniaco durante el proceso de engorda es bajando un porcentaje (10 - 30%) del nivel de agua de fondo del estanque y luego llenar para reemplazar el volumen desalojado. Este procedimiento es más apropiado que el flujo continuo de entrada y salida de agua.

Otra forma y quizás la mejor para evitar la acumulación de amoniaco hasta niveles tóxicos durante la etapa de cultivo, es favorecer la remoción mediante las cianobacterias y/o algas fotosintéticamente activas que se desarrollan en el fondo, para lo cual es necesario que el estanque haya sido preparado apropiadamente y agregado fertilizantes orgánicos e inorgánicos que conduzcan a mantener una tasa Carbono : Nitrógeno de 10-15:1.

La remoción de amoniaco también se puede lograr mediante la aplicación de ciertos productos que contienen zeolita, el cual tiene alta capacidad para absorber amoniaco.

Literatura citada

Jorge Cuéllar-Anjel, Cornelio Lara, Vielka Morales Abelardo De Gracia, Óscar García Suárez. 2010. Manual de buenas prácticas de manejo para el cultivo del camarón blanco Penaeus vannamei. Organización del sector pesquero y acuícola del Istmo Centroamericano (OSPESCA), parte del Sistema de la integración centroamericana (SICA), Organismo internacional regional de sanidad, Panamá.

Henry C. Clifford III. 1997. Manual de operación para el manejo de Super Shrimp en estanques. Super Shrimp, S.A. de C.V,. División de servicios técnicos.

Convenio SEPESCA-CINVESTAV. 1994. Desarrollo científico y tecnológico del cultivo de camarón blanco del Golfo (Penaeus setiferus) en estanques circulares. Dirección General de Acuacultura, Secretaría de pesca.

Gustavo Valdez, Fernando Díaz, Ana Denisse, y Elizabeth Sierra. 2007. Efecto de la salinidad sobre la fisiología energética del camarón blanco Litopenaeus vannamei (Boone). Laboratorio de Ecofisiología de Organismos Acuáticos, Departamento de Biotecnología Marina, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). Ensenada, Baja California, México.

Rojas, A.A., Haws, M.C. y Cabanillas, J.A. ed. 2005. Buenas Prácticas de Manejo Para el Cultivo de Camarón. The David and Lucile Packard Foundation. United States Agency for International Development (Cooperative Agreement No. PCE-A-00-95- 0030-05).

César Molina-Poveda y Humberto Villarreal-Colmenares. 2008. Estrategias de alimentación en la etapa de engorda del camarón. Proyecto II. 8 optimización de alimentos y estrategias de alimentación para camaronicultura sustentable, CIBNOR, S.A., CYTED y PRONACA, La Paz, B.C.S.

Figueroa-Lucero, Gerardo, Hernández-Rubio, María Cecilia y Gutierrez-Ladron De Guevara, Miguel De Jesús. 2012. Toxicidad aguda del amonio en larvas de Macrobrachium tenellum (Smith). Rev. Int. Contam. Ambient [online]. 2012, vol.28, n.2, pp.145-150. ISSN 0188-4999.

Los fondos para este proyecto han sido provistos en parte por el U.S. Fish and Wildlife Service mediante un subsidio del Neotropical Migratory Bird Conservation Act.

Este proyecto se realiza bajo el patrocinio de la Fundación Gonzalo Río Arronte, Institución de Asistencia Privada.